

## INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

## CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

25X1

COUNTRY USSR/East Germany/Czechoslovakia

REPORT

SUBJECT Soviet, East German and Czechoslovak  
Studies on Metallurgy and Epoxin Resin

DATE DISTR. 9 May 1960

NO. PAGES 1

REFERENCES RD

DATE OF  
INFO.PLACE &  
DATE ACQ.

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

attached material

25X1

- A. A list of Soviet technical studies dealing with the metallurgical problem of austenite transformation which were issued by the Soviet Academy of Sciences between 1948 and 1959. They all appeared in such scientific publications as Reports of the Soviet Academy of Sciences and Problems of Soviet Metallurgy and Physics of Metals. The studies appear to be overt documents which are distributed by the Soviets to the Bloc nations and probably are also available to the US scientific community.

25X1

- B. Reproduction of a study including the following: the 1957-58 status of epoxin resin adhesive research as conducted by the Laboratory for Synthetic Materials of the East German Academy of Sciences, including the chemistry of epoxin resin and its industrial applicability; the qualitative production of epoxin resin at VEB Leuna-Werke "Walter Ulbricht", Leuna, East Germany; and experiences of the Czechoslovak industry with epoxin resin. (50 pages in German)

25X1

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

DATE	ARMY	NAVY	AIR	FBI	AEC				
------	------	------	-----	-----	-----	--	--	--	--

Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

**CONFIDENTIAL**

25X1

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

List of USSR Austenite Studies

ATTACHMENT A

- A.N. ALFIMOV & A.P. GULYAYEV: "Remarks on the speed of growth of martensit crystals" Report of the Acad. of Sci. USSR Sect. Tech. Sciences, 1954, No. 3, page 88-90.
- G.W. KURDYUMOV & O.P. MAKSIMOVA: "Activity in the formation of martensit grain" Rep. Acad. of Sci. USSR, 1950, Book 73. No. 1.
- G.W. KURDYUMOV & O.P. MAKSIMOVA: "Kinetics of martensit transformation of austenit by low temperatures" Report of Acad. Sci. USSR, Book 61, 1948 No. 1.
- N.W. GRUM-GRSHIMAILO: "Oscillation and resonance in the kinetics of martensit formation" Rep ACSCIUSSR Book 121, 1958 No. 5 p. 850-851.
- B.J. LYUBOV & A.L. ROITEURD: "Austenit change in the proximity of a forming martensit crystal" Rep. Acad. Sci. USSR Book 120, 1958, No. 5 p. 1011-1014.
- W.A. ILYINA W.K. KRIZKAYA & G.W. KURDYUMOV: "Examination of size and characteristics of distortions in the crystal grid of martensit" Problems of metallurgy & physics of metals Book 3 (1952) p. 95-99.
- G.W. KURDYUMOV: "Diffusion-free (martensit) transformations in alloys" Journal of Technical Physics Book 18, 1948, No. 8, p. 999-1025.
- G.W. KURDYUMOV: "The nature of non-diffused transformation (martensit transformation) Journal of Technical Physics Book 60, 1948, No. 9 p. 1543.
- W.D. SADOVSKIY & G.N. BOGATSHEVA: "Influence of steel hardening temperature upon the residue content of austenit" Book 83 No. 2 p. 221-222, 1952, AcSci. USSR.
- P.L. GRUZIN & E.V. KUZNETSOV: "Influence of carbon upon the self-diffusion of iron in the iron-nickel system" Rep Acad. Sci USSR Book XCIII, No. 5 1953.
- A.N. ALFIMOV & A.P. GULYAYEV: "Examination of martensit transformation in steel" Journal of Technical Physics Book 25, No. 4, 1955 p. 680-686.
- J.M. GOLOVITSHINE R & R.A. LANDA: "Examination of the thin crystal structure in the gama phase during martensit re-transformation" Book 107, No. 1 1956 p. 67-70.
- G.W. KURDYUMOV & M.D. PERKAS: "Hardening of non-alloyed, carbon-free iron" Rep Acad. Sci USSR Book 111, 1956. No. 4 p. 818.
- P.L. GRUZIN, E.V. KUZNETSOV & Academician G.V. KURDYUMOV: "The influence of the internal crystal austenit structure upon the self-diffusion of iron" Rep Acad. Sci USSR, Book XCIII, No. 6 1953.
- G.W. KURDYUMOV, O.P. MAKSIMOVA & T.W. TAGUNOVA: "The influence of plastic deformation upon the kinetics of the transformation of austenit into martensit" Problems of metallurgy and physics of metals, book 2, 1951, p. 135-152.
- P.M. YUSHEKEVITCH: "The influence of phase stabilization upon the position of martensit points of high revolution steel" Problems of Metallurgy and Physics of metals: Book 2, 1956 No. 1. p. 54-56.
- O.P. MAKSIMOVA: "Kinetics of martensit transformation" Problems of metallurgy and physics of metals, Book 3 (1952) p. 45-74.
- W.A. ILYINA, W.K. KRIZKAYA & G.W. KURDYUMOV: "The Anisotropy of martensit grid distorsions" Problems of metallurgy and physics of metals, Book 3 (1952) p. 100-104.
- G.W. KURDYUMOV, M.D. PERKAS, A.E. SHAMOV: "State of martensit crystals in hardened, low-carbon steels" Rep. Acad. Sci USSR, Book 92, No. 5 (1953) p. 955-957.

**CONFIDENTIAL**

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

25X1

**CONFIDENTIAL**

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

- 2 -

- G.W. KURDYUMOV: "To the theory of martensit transformations" Problems of metallurgy and physics of metals, Book 3, 1952, p. 9-44.
- B.J. LYUBOV: "Kinetics of isotherm martensit transformation" Problems of metallurgy and physics of metals." Book 3 (1952) p. 83-94.
- M.P. ARBUSOV, L.I. LYSAK & E.G. NESTERENKO: "Structure of martensit crystals of hardened steel" Rep. Acad. Sci. USSR Book 90, No. 3, 1953, p. 375-377.
- G.N. BOGATSHEVA & W.D. SADOWSKIY: "To the stabilization of austenit against martensit transformation" Rep. Acad. Sci. USSR Book 83 No. 4 (1952) p. 569-572.
- G.W. KURDYUMOV & O.P. MAKSIMOVA: "To the kinetics of martensit transformation by temperatures above room temperature" Rep. Acad. Sci. USSR Book 81, 1951, No. 4 p. 565-568.
- A.L. BYELINSKIY: "Examination of crystal formation during martensit phases by means of microcinematography" Rep. Acad. Sci. USSR, Book 110, No. 4 (1956) p. 556-558.
- W.I. PROSVIRIN: "The three forms of transformation of deep-cooled austenit" (From the book: The influence of outside pressure upon phase transformation in steel and cast iron) Moscow (Mashgis) 1948.
- G.W. KURDYUMOV & O.P. MAKSIMOVA: "Transformation of austenite into martensit at low temperatures" Problems of metallurgy and physics of metals Book 2, 1951, p. 64-97.
- B.J. LYUBOV: "To the speed of grain growth of the new phase during isotherm decomposition of a firm solution" Rep. Acad. Sci. Book 72, 1950, No. 2 p. 273-275.
- J.U. KORNEV: "Definition of binding energy in austenit grid" Rep. Acad. Sci. USSR Book XCIII 1953 No. 3.
- O.P. MAKSIMOVA & A.I. NIKOROVA: "Transformation of austenit during deep cooling of case hardened steel" Problems of metallurgy and physics of metals Book 3, 1952 p. 155-177.

**CONFIDENTIAL**

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

ATTACHMENT B

**CONFIDENTIAL**

25X1

Expo~~x~~in-Resin Research in DDR & CSR

25X1

**CONFIDENTIAL**

Epoxyklebharze						
Vorläufige Bezeichnung der Leuchte	Epoxyharz Vers.Nr.M 10	Epoxyharz Vers.Nr.M 10	Epoxyharz Vers.Nr.M 10	Epoxyharz Vers.Nr.M 19	Epoxyharz Vers.Nr.M 10	
BS	AK-1	AK-2	AK-3	AK-3H	AK-4	
Hersteller	Araldite 1	Araldite 10 (XVI)	Araldite 10		Araldite 102	
Hersteller des CIBA-Produkts						
Die Leuchte befestigen	Harz: fest Härter: fest	Harz: niedrigviskos Härter: niedrigviskos	Harz: hochviskos Härter: niedrigviskos	Harz: mittelviskos Härter: niedrigviskos	Harz: niedrigviskos Härter: niedrigviskos	
Härter (Hrd. d. Ak. d. Wied.)	AK-5	AK-7	AK-5, AK-6	AK-5, AK-6	AK-5, AK-6	AK-8
Mischungs- verhältnis	Härter bereits beigemischt	100 Teile Harz 25-35 " Härter	100 Teile Harz 8 " Härter	100 Teile Harz 8 " Härter	100 Teile Harz 6,2-7 " Härter	100 Teile Harz 20 " Härter
Härtungs- bedingungen	160°C 3 Std. 200°C 10 "	160°C 3 Std. 200°C 10 "	20°C 48 Std. 90°C 2 "	20°C 48 Std. 90°C 2 "	20°C 48 Std. 90°C 2 "	100°C 2 Std. 160°C 10 "
Gebrauchsdauer bei 20°C (gemischt)	2-3 Jahre	mind. 1 Monat	45-60 min.	60-90 min.	90-120	10-15 min.
Anwendung	Klebhars mit d. vergleichsweise geringen Scherfestigkeiten für alle Zwecke, die eine Wärmebe- handlung bis 200°C zulassen. Harz ist auf- zutreiben bzw. aufzuschmelzen	Klebhars ent- hält Lösungsmittel, ist leicht ver- streichbar; bei Verkleben nicht porös Teile muß Kleb- hars vorher trocknet werden. Verdunstung des Lösungsmittels nur für Zwecke, die Wärmebe- handlung bis 200°C zulassen.	Klebhars für alle Zwecke, die Wärmebe- handlung nicht zulassen. Harz muß mit Spezial- aufgetragen werden.	Klebhars für al- le Zwecke, die Wärmebehandlung nicht zulassen. Harz ist (mit Pinself) ver- streichbar.	Klebhars für al- le Zwecke, die Wär- mebehandlung nicht zulassen, enthält Lösungsmittel. Teile müssen porös sein. Harz ist leicht verstreichbar.	Klebhars für al- le Zwecke, die Wär- mebehandlung nicht zulassen, enthält Lösungsmittel. Teile müssen porös sein. Harz ist leicht verstreichbar.

CONFIDENTIAL

	AG-1	AG-11	AG-10	AG-12	AG-13	AA-7	AA-2	AA-1	AA-3
Hersteller	AG-1	AG-11	AG-10	AG-12	AG-13	AA-7	AA-2	AA-1	AA-3
Mischungsverhältnis	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter	100 TL. Harz 25 " Härter
Härtebedingungen	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig
	100°C - 10 Std 170°C - 24 Std 190°C - 14 Std 160°C - 8 Std 180°C - 7 Std 200°C - 7 Std	20°C - 10 Std 60°C - 1 Std 100°C - 10 Min 180°C - 7 Std	150°C - 14 Std 180°C - 7 Std 150°C - 4 Std 180°C - 7 Std	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min	170°C - 14 Std 180°C - 7 Std 180°C - 4 Std 200°C - 30 Min
Anwendung	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig	härtebeständig
Lieferungsbedingungen	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver	Harz: zäh Härter: Pulver
Gebrauch	20-45 Min	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std	1-1 1/2 Std
Anwendungsbereich	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz	Gießharz

Klebstoffe sind Nichtmetalle, die eine kraftschlüssige Verbindung von Körpern (Packstoffen) durch Adhäsion herbeizuführen vermögen. Sie werden im flüssigen oder plastischen Zustand auf die zu verbindenden Flächen aufgetragen und erhärten durch Verflüchtigen des Lösungsmittels oder durch Abbinden zu einem Trockenkörper mit hoher Eigenfestigkeit, der die zu verbindenden Teile mit großer Haftfestigkeit zusammenhält. Klebstoff ist Oberbegriff und schließt andere gebräuchliche Begriffe, wie Leim (in Wasser löslicher Klebstoff), Leimlösung (in Wassergelöster Klebstoff), Mastix (wässriges Quellungsprodukt dass in schon geringer Konzentration eine nicht fadenziehende, schmalzartige Masse bildet), Klebkitt (bei Raumtemperatur plastisch verformbarer Klebstoff, nur wenige Lösungsmittel enthält) und Schmelzkleber (bei Raumtemperatur fester Klebstoff der zum Bewirken der Oberflächenhaftung vorübergehend geschmolzen wird) ein.

**Konstruktive Gesichtspunkte bei der Herstellung von Klebeverbindungen starrer Körper.**

Die innere Festigkeit der Klebstoffe ist meist geringer als die der zu verbindenden Packstoffe. Daher sind die hauptsächlichsten Ingekerung beanspruchten überlappten Verbindungen anzusetzen.

Die Elastizitätsmoduli der ausgehärteten Klebstoffe unterscheiden sich von denen der Packstoffe. Bei Beanspruchung können an den Rändern der Überlappungen Spannungsspitzen auftreten. Zur Vermeidung von Spannungsspitzen ergeben sich folgende Lösungen:

1) **Verkleinerung der Überlappungsfläche:** Verwendung der doppelten Lasche.

2) **Anpassen der Verklebflächen an den Spannungsverlauf:** Anschärfung der Überlappung bzw. der aufgeklebten Laschen. Auch Möglichkeit beider (angeschärfte Laschen können direkt benutzbar sein).

Je fester der Werkstoff der Lasche, desto geringere Laschendicke. Für Metallverklebungen wählt man denselben Werkstoff, die Laschendicke gleich der halben Blechdicke.

### 3) Aufnahme der Spannungsspitzen durch andere Mittel:

In der Holzbauweise zusätzliches Nageln und Verkleben Metallen, Nieten und Falsen.

### Berechnung Überlappter Verbindungen.

Für die Übertragbare Kraft  $P$  ist die Schubspannung in der Klebfläche  $\tau$

$$P = a \cdot \tau \text{ massgebend} = \frac{P}{a \cdot \tau} \text{ mal } B \text{ Sicherheit.}$$

Die für die Konstruktion wichtigste Kenngröße ist das Überlappungsverhältnis  $k = \frac{a}{b}$ , wobei die mittlere Blechdicke  $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$  und  $a$  die Überlappungslänge ist. Die günstigsten Werte bei einer doppelten Überlappung werden für  $k = 15$  bei einfacher Überlappung für  $k$  ungefähr 10 erzielt. (Die Formel  $k = \frac{a}{b}$  gilt nur für  $b$  grösser 25mm). Die Zugschwellkraft beträgt 55% der statischen Festigkeit.

### Verkleben von Metallen.

Unter Metallverklebung versteht man das Verkleben der Metalle unter sich oder mit anderen Werkstoffen. Es ist eine Vorbereitung der Werkstoffe erforderlich. Klebflächen müssen so eben sein, dass eine Klebfugendicke von 0,1mm möglich ist. Die Oberfläche muss unbedingt vollkommen fettfrei gemacht werden. Gründliches Reinigen mit Feil ist unerlässlich. Leichtmetalle sind nach dem Pickling-Itzverfahren zu behandeln (Erzeugung gleichmässiger polierter Oberfläche). Der chemischen Vorbehandlung soll eine mechanische Vorarbeit durch Aufrauen folgen, die für Eisen und Buntmetalle unerlässlich, für Leichtmetall zweckmässig erscheint. Leichtes

**Abschmiegeln oder Sandstrahlen mit sehr feinem Quarzsand liefert eine gleichmässige Oberflächenbeschaffenheit.**

Die Klebflächen müssen gut aufeinander passen und bis zum Abkleben des Klebstoffes satt aufliegen (Spannvorrichtungen). Der erforderliche Druck ist bei "Plastikator 32" und "Redux" erforderlich.

**Aluminium und Aluminiumverklebung:** Werkstoffe werden durch die Einwirkung der Härtungstemperatur ungünstig beeinflusst. Bei vergütbaren Legierungen Härtung bei möglichst tiefen Temperaturen durchführen. Bei vergütbaren Legierungen ist Leichtmetall zu wählen, dass Vergütung und Aushärtung kombiniert wird. (z.B. Verwendung von Al-1 statt Anticorodal A das halbharte Anticorodal B nehmen.

Verkleben verschiedenartiger Metalle treten bei der Abkühlung von der Härtungstemperatur zur Aufraumtemperatur Spannungen auf, die umso grösser, je grösser die Differenz der Ausdehnungskoeffizienten der Metalle. Daraus folgt: Die Verbindungsfläche darf nicht zu gross sein, dass die auftretenden Spannungen Haftfestigkeit innerhalb der zulässigen Grenzen beeinträchtigen. Aushärtung des Bindemittels an unterer Temperaturgrenze durchführen. Bei Metallverbindungen ist das Konstruktionsteil mit dem grössten Ausdehnungskoeffizienten aussen anzuordnen.

**Metall-Glas bzw. Keramik-Verklebungen.**

Die Differenz der Ausdehnungskoeffizienten ist hier noch beträchtlicher. Man muss bedenken, dass Glas und Keramik geringere Festigkeiten besitzen und leichte Verformung ertragen können. Möglichst kalt-härtenden Klebstoff verwenden. Wenn Heiss Härter unumgänglich, Klebungen recht breit machen und Bindemittel mit Füllstoffen vermengen.

**Metall-Holz-Verklebungen.** Damit bei Verwendung von heiss-härtenden Klebstoffen das Holz nicht zu sehr durch die Aushärtungstemperatur

- 4 -

in Kittleidenschaft gezogen wird, verklebt man zunächst Holzfurnier mit dem Metall. Das Furnier kann dann mit einem Holzleim mit der Holzkonstruktion verbunden werden. Metall-Gummi-Verklebung: Bei Verklebungen mit Rohex oder anderen Harsen muss die Gummioberfläche vorher durch Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure gehärtet (cyclisiert) werden. Dieses Verfahren ist jedoch durch die Verwendung von konzentrierter Salpetersäure nicht ideal. Gute Resultate wurden durch die Anwendung von Urethanen erzielt. Ausserdem wurden auf Kautschuk-Basis verschiedene isomerisierten, cyclisierten und chlorierten Derivate entwickelt, die teilweise zur Metallverklebung verwendet werden. Hauptsächlich jedoch zur Verbindung von Kautschuk mit Metallen Verwendung finden. Früher war es erforderlich, ein Metall, z.B. mit Messing zu plattieren um eine Haftung von Metall und Gummi zu erreichen, der anschliessend in eine Lösung eingebracht wurde.

#### **~~Verfahren zur Herstellung von Metallklebern~~**

#### **~~Chemische Verfahren zur Herstellung von Metallklebern~~**

Es seien noch einige wichtige Metallkleber aufgeführt: Klebstoffe aus Kautschuk bzw. dessen Derivaten mit härtbaren Harsen, insbesondere Phenolharsen sind insbesondere für Metallverklebungen von grosser Wichtigkeit. Erwähnt seien: "Cyclovel" (Klebstoff zur Leichtmetallverklebung in der Luftfahrttechnik), "Cycolite", "Fliebond", "Metalbond", "Resinite", Plastikator 32 (Hartgummiweiss) ist ein niedrig polymeres Butadienpolymerisat, das durch Zusatz von Schwefel bei Temperaturen von etwa 150° (unter 10 kg/cm<sup>2</sup>) vulkanisiert wird. Auf Polycyanatbasen beruhende Produkte haben besondere Bedeutung auch bei der Metallverklebung erlangt. Man verwendet hier Desmodur A (Triphenyltriscyanat) allein oder Dilecyanat-Polyester (Desmodur-Polyester).

- 1 -

phen-Kombinationen) d.h. Polyurethane. Diese sind auch unter den Namen Polystyrolleime und Lasmokoll in den Handel gekommen. Sie erhält gute Festigkeit, gute Biegsamkeit, ausgesprochen gute Beständigkeit und kann bestimmte Typen auch bei Raumtemperatur aushärten. Auch bei der Verarbeitung haben sie eine unbedenkliche physiologische Wirkung.

Mit "Rodur" und dem gleichartigen "Ardur" werden bessere Festigkeiten erzielt. Auf die gereinigten Oberflächen wird zunächst flüssiges Phenolharz aufgetragen und anschließend die Komponenten in Polyvinylacetatpulver gebracht bzw. damit bestrichen. Die vorbereiteten Flächen werden aufeinandergelegt und bei 150°C bei einem Druck von 5-20 kg/cm<sup>2</sup> ausgehärtet.

Die Epoxydharze zeigen bei Leichtmetallverklebungen ausgezeichnete Festigkeiten, während die Buntmetallverklebungen den nach dem Rodur-Verfahren hergestellten Überlegen sind. Einige Epoxydharztypen (vorläufige Namen der Akademie der Wissenschaften, Moskau):  
 Heißhärtende Epoxydharze: AK-1 (Härter-beigemisch), wird in Stangenform, auf Klebflächen aufstreuen und schmelzen.  
 AK-2 (Härter AK-7) flüssig, auf Klebflächen aufstreichen, enthält Lösungsmittel, das - sofern Packstoffe nicht porös sind - vorher verdunstet muss.

Die optimalen Aushärtungsbedingungen liegen bei 150°C bei 2-4 Stunden Härtezeit.

Kalthärtende Epoxydharze: AK-3 H (Härter AK-5 oder AK-6), wird (mittelviskos) auf Klebflächen aufstreichen.

AK-4 (Härter AK-5 oder AK-6), flüssig (niedrig viskos) auf Klebflächen aufstreichen. Hart enthält Lösungsmittel. Wenigstens ein Werkstoffteil muss porös sein.

Aushärtungszeit bei 20°C zwei Tage, bei 100°C nur eine Stunde. Bei 100°C wird eine bessere Festigkeit erzielt. Besondere Druck-



Bei Verkleben verschiedener Thermoplaste empfindet es sich, daß die Lösung beider Plastikwerkstoffe als Klebmittel anzusetzen. Häufig benutzt man auf Basis Kautschukderivate aufgebaute Klebstoffe sowie auch Polyvinylacetat-, -butyrol und Polyisobutyrol. Duroplaste lassen sich mit Epoxydharzen verkleben. Ausserdem noch sich für Phenoplaste Furan, Resorcin-Phenolharzklebstoffe, für Aminoplaste Harnstoff-, Melamin- und Furanharzklebstoffe. Polyesterharze flüssigemonomere Polyester und Furan.

Ähnliche Verhältnisse liegen vor bei der Verklebung von gehärteten Kunstharzen und imprägnierten Hölzern oder von Harzen hergestellte Schicht- und Verbundkörper.

### Verkleben von Holz.

Holzklebstoffe werden allgemein als Leime bezeichnet. Bei der Auftragsanbringung werden die aneinander gepressten Holzteile mit dem Auftrag des Leimes zueinandergebracht und unter Druck (Hand- oder Maschinendruck) gehalten, bis der Leim erstarrt ist. Die Lagenholz-, Flächenbau-, Furnierleime unter Benutzung von geheizten Pressen.

Wichtig ist die Beachtung des Feuchtigkeitsgehaltes des Holzes. Ein Feuchtigkeitsgehalt von 8-12% im Holz ist bei den verschiedenen Holzarten am günstigsten. Feuchtigkeitsgehalte unter 4 und über 12% geben allgemein schlechte Resultate. Ausnahme bildet Bohnensinharzleim, der mit starkfeuchten Holz die besten Scherwerte liefert.

Für das Verkleben von Holz steht eine grosse Zahl von Leimen zur Verfügung. Einige Beispiele: Alginleime finden - da nicht so fest - nur im Möbelbau Verwendung. Kaseinleime sind nicht so beständig gegenüber Feuchtigkeit und kommen als Klebstoffe in Frage. Harnstoffharzleim dient als Fugen-, Kleb- und Furnierleim und Konstruktionsleim. Er versprödet bei

- 3 -

Melaminharzleim ist in seinen Eigenschaften dem Harnstoffharzleim ähnlich, gibt darüber hinaus koch- und tropenfeste Leimungen. Phenolharzleim zählt zu den hochwertigsten und ist elastischer als der Harnstoffharzleim und ausserdem kochfest. Polyacrylnharzleim ist ein ausgesprochener Montagaleim. Seine Bindefestigkeit entspricht der des Phenolharzleimes. Resorcinharzleim bindet schneller als Phenolharzleim, dem er sonst stark ähnelt.

**Verkleben von Papier.**

Die Papierklebstoffe bezeichnet man als Leime und Kleister. Sie dienen zum Verkleben von Papier, Pappe und Karton. Einige Klebstoffeigenschaften: Pflanzkleister (Kleister) sind die hauptsächlichsten in der papierverarbeitenden Industrie benutzten Klebstoffe, die mit aus Kartoffelstärke hergestellt werden (Tapeten, Klebstoffen). Für Buchbinderarbeiten werden Getreidemehlkleister benutzt. Dextrine mit geringem Abbaugrad geben weisse Pasten, die in der Buchhaltung und als Gummier- und Etikettenleime Verwendung finden. Celluloseäther kommen als Trockenkleber in den Handel und werden verwendet als Tapetenkleister und Etikettenleime. Polyvinylacetatkleber werden dort benutzt, wo es auf wasserfeste Verklebungen ankommt.

## Allgemeine Übersicht über Epoxylebharze

Von dem Laboratorium für Kunststoffe wurden die in Tabelle 1 genannten heißhärtenden und die in Tabelle 2 genannten kalt- bzw. wärmehärtenden Epoxylebharze entwickelt.

### 1. Heißhärtende Epoxylebharze

Heißhärtende Epoxylebharze werden bei Temperaturen von 130 bis 200° C (in Ausnahmefällen bis zu 280° C) gehärtet. Die Härungszeit richtet sich nach der Härtungstemperatur und beträgt mindestens 13 Std. bis 30 min (über 200° C 18 bis 7 min). Die besten Festigkeitswerte erhält man bei 180° C in etwa 3 Std.

Mit heißhärtenden Epoxydharzen erhält man ausgezeichnete Festigkeitswerte bei guter Wärmefestigkeit. (Siehe Tabelle 1)

### 2. Kalt- bzw. wärmehärtende Epoxylebharze

Die sogenannten kalthärtenden Epoxydharze können zwar bei Raumtemperatur (20° C) ausgehärtet werden, man erzielt jedoch bei Härtungstemperaturen von 60 bis 100° C neben einer erheblichen Verkürzung der Härtungszeit (bei 20° C 2 Tage, bei 100° C 1 Std.) eine wesentliche Erhöhung der Festigkeitswerte und Verbesserung der Wärmefestigkeit. Die Werte der heißhärtenden Lebharze werden jedoch nicht erreicht (siehe Tabelle 2).

Bei den Typen AK-10, AK-12 und AK-30 sowie bestimmten Spezial-einstellungen von AK-3 N (z. B. solche, die einen plastischen Klebfilm ergeben) handelt es sich um neue Versuchsprodukte. Als die im Augenblick lediglich orientierende Ergebnisse vorliegen. Weitere umfangreiche Eigenschaftsuntersuchungen werden durchgeführt. Nähere Einzelheiten sind den Verarbeitungsvorschriften für die einzelnen Epoxylebharze zu entnehmen.

Zu ähnlicher Information über Epoxydharze werden die folgenden Veröffentlichungen unserer Mitarbeiter empfohlen:

- (1) H. Jahn: "Aufbau, Eigenschaften und Anwendung von Epoxydharzen"  
Plaste und Kautschuk (Berlin) 1 (1954)  
50 - 56 und 83 - 88
- (2) H. Jahn: "Epoxydharze in der Technik"  
Die Technik (Berlin) Messesonderheft 1954,  
157 - 160
- (3) W. Schäfer und E. Frischbier (Zentralinstitut für Schweißtechnik, Halle): "Das Kleben von Metallen"  
Plaste und Kautschuk (Berlin) 2 (1955) 28 - 33
- (4) W. Schäfer und H. Jahn: "Metallverklebung mit Epoxydharzen"  
Plaste und Kautschuk (Berlin) 2 (1955) 52 - 58  
und 84 - 85
- (5) H. Jahn und W. Schäfer: "Gießharze auf Basis von Epoxypolyäthern", Plaste und Kautschuk (Berlin) 2  
(1955) 224 - 230 und 252 - 255
- (6) W. Schäfer und H. Jahn: "Beseitigen von Gußfehlern mit Epoxydharzen", Plaste und Kautschuk (Berlin)  
3 (April 1956) im Druck
- (7) H. Jahn und W. Schäfer: "Epoxidgebharze als Elektroisolierwerkstoff und Konstruktionsmaterial"  
Deutsche Elektrotechnik (Berlin) 10 (Mai 1956)  
im Druck
- (8) W. Schäfer und H. Jahn: "Einsatz von Epoxydharzen in der Klebetechnik",  
Fertigungstechnik 6 (Mai/Juni 1956) im Druck
- (9) W. Schäfer und H. Jahn: "Anwendung von Epoxydharzen in der Elektrotechnik",  
Deutsche Elektrotechnik 10 (1956) in Vorbereitung

Weitere Arbeiten, die neue Erkenntnisse und Angaben über Epoxydharze enthalten, werden von den Mitarbeitern des Laboratoriums für Kunststoffe in der Zeitschrift "Plaste und Kautschuk", (VEB Verlag Technik, Berlin) erscheinen. Wir empfehlen, diese Zeitschrift zu abonnieren.

Deutsche Akademie der Wissenschaften  
zu Berlin

Laboratorium für Kunststoffe  
Berlin-Adlershof  
An der Rudower Chaussee

Postanschrift: Berlin O 17, Postschließfach 134 A  
Telegrammanschrift: Kunststofflabor Berlin

Tabelle 1**Heißhärtende Epoxydharze****E p o x y d h a r z**

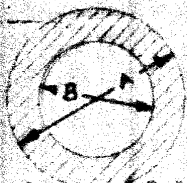
	<b>AK-1</b>	<b>AK-2</b>	<b>AK-10</b>	<b>AK-12</b>
Beschaffenheit (Viskosität)	Pulver (fest)	flüssig (niedrigviskos)	Pulver (fest)	Film (fest)
Farbe	farblos bis bräunlich	farblos bis bräunlich	silberglänzend	bräunlich
Füllstoffe	-	-	metalli.	Papier
Lösungsmittel	-	enthält Lösungsmittel	-	-
Lagerfähigkeit	mind. 2 Jahre	mind. 1 Jahr	mind. 2 Jahre	mind. 2 Jahre
Härter	bereits beige-mischt (AH-3)	AH-7 (Lösung)	bereits beige-m. (AH-3)	bereits beige-m. (AH-3)
Gebrauchsdauer d. Harz-Härter-Mischung	mind. 2 Jahre	mind. 1 Monat	mind. 2 Jahre	mind. 2 Jahre
Auftrag	Aufstreuen und schmelzen, flamspritzen auf kaltes Werkstück	Streichen, Spritzen, Tauchen, Walzen	wie AK-1	Auflegen
Klebfilmdicke	0,05 bis 0,15	0,05 bis 0,15	0,05-0,15	0,05 od. mehrere Lagen
Verbinden	Zusammenfügen d. Teile nach Aufschmelzen d. Harzes bei 130 ~ 150° C	nach Vortrocknen (z. B. 30 min bei 100° C) bei 20° C oder bei 130° C	wie AK-1	im allg. bei 20° C
Verwendung	Verkleben von Metallen m. ausgezeichneter Festigkeit, auch für Porzellanverklebungen geeignet	Blechpakete (Dynamo-, Transformator- u. Metall-Blechpakete) Bändermittel für pulverförmige Materialien (Schleifkörper, Karbonyl-eisenkerne)	wie AK-1	großflächige Verklebungen (Preßdruck erforderlich)

	AK-3	AK-3 N	AK-4	AK-30
Beschaffenheit	flüssig (hochviskos)	flüssig (mittelviskos)	flüssig (niedrigviskos)	Paste
Farbe	bräunlich	bräunlich	bräunlich	in gedockten Farben beliebig anförbar
Füllstoffe	-	(Füllstoffe können nach Wunsch beige-mischt werden)	-	enthält mineral. od. metall. Füllstoffe
Lösungsmittel	lösungsmittel-frei (enthält reaktionsfähige Verdünnungsmittel)	wie AK-3	enthält flüchtige Lösungsmittel	wie AK-3
Lagerfähigkeit	mind. 1/2 Jahr	mind. 1/2 Jahr	mind. 1 Jahr	mind. 1/2 Jahr
Härter	AH-5 oder AH-6	AH-5 oder AH-6	AH-5 oder AH-6	AH-5 oder AH-6
Gebrauchsdauer	45 - 60 min.	60 - 90 min.	90-120 min nach Verdünnen 180 bis 240 min.	etwa 60 min.
Auftrag	bei 20° C mit Spatel	bei 20° C mit Spatel, Pinsel, Spritzpistole durch Tauchen Walzen	bei 20° C wie AK-3 N	bei 20° C m. Spatel (evtl. Hochdruckpistole)
Klebfilmdicke	0,05 - 0,2 mm	0,05 - 0,1 mm (nach Zusatz v. Füllstoffen 0,5 - 2 mm)	0,05 -	0,05-0,1 mm als fügenfüllen der Füllstoffe an mehr
Verbinden	bei 20° C sofort nach Auftrag	bei 20° C sofort nach Auftrag	bei 20° C (vorher 15-30 min bei 20° C vortrock.)	bei 20° C sofort nach Auftrag
Verwendung	Verbinden von Metallen oder Nichtmetallen	Verbinden von Metallen oder Nichtmetallen	Verbinden v. Werkstoffen, von denen einer porös sein muß. Imprägnieren	Verbinden v. Metallen od. Nichtmetallen insb. gehärteten Kunststoffen. Ausfüllen von Hohlräumen, z.B. Gußmischkern, Bearbeitung glatter Oberflächen

Blatt 1 Referat von Ing. Seidel, Hettstedt (Vier)

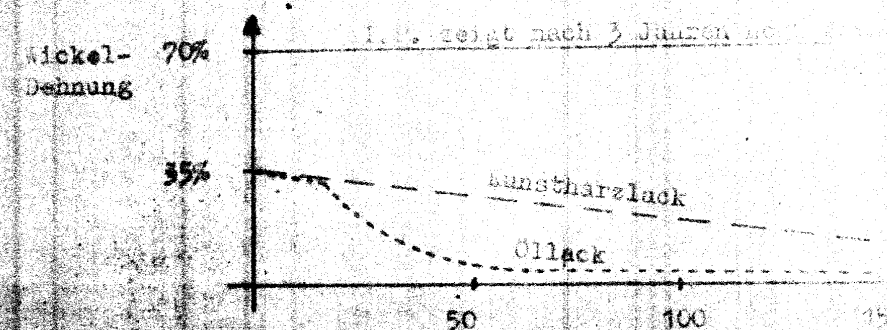
#### 4 Jahre Isoperlon

Der Mangel an Kunstharzen zwang zur Verwendung von Isoperlon für die Isolation von Kabeln und Drähten. Daraufhin wurde eine Ausschussquote von 20% an sichte nach besserem Material und fand das Isoperlon; die Ausschussquote sank auf 0,5% herab. Bei Prüfung nach DIN 46 453 weist Isoperlon eine optimale Schlag- und Haftfestigkeit auf und wird im Maschinenbau verwendet. Für den Trafobau würden Dickenzunahme von 200  $\mu$  haben. Eine Isolationszunahme bedingt aber gleichzeitig eine Zunahme der Spreizung, I.F. für dünne Drähte geeigneter. Es hat auf Alu eine beständige, Alu-Oxyd hat keinen vergrößernden



$\frac{B}{A}$  = Wickeldehnung nach Grenzzustand  
B ist der  $\phi$  des blanken Drahtes  
des Drahtes einschließliche Isolation

Aus der nachfolgenden Darstellung geht deutlich hervor, in bezug auf die Wickeldehnung den bisherigen Kunstharzlacken außerordentlich überlegen ist.

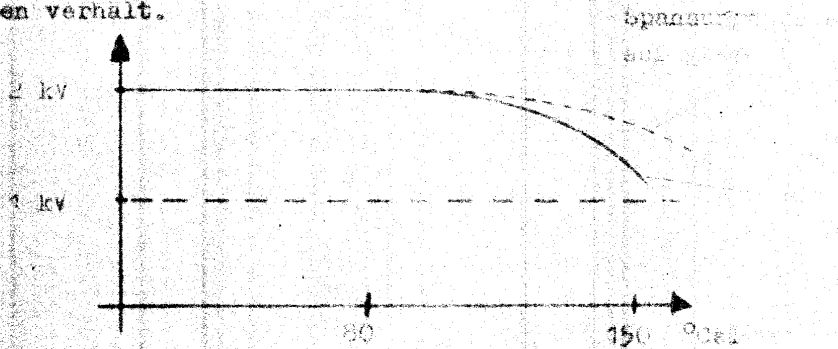


bei einer Spannungsprobe nach DIN 46453 weist Isoperlon eine Spannungsfestigkeit von 30-42 Volt/ $\mu$  auf. Diese nimmt mit Dehnung des Drahtes wie folgt ab:

Bei 10% Dehnung haben wir 5% Einbuße an Spannungsfestigkeit  
" 20% " " " 35% " " "

Blatt 2

und bei 30% Dehnung haben wir 75% Anlaß, an 10 mm. Aus der nächsten Darstellung ist ersichtlich, wie sich die Spannungsfestigkeit von I.P.-Nickeldraht bei steigender Temperatur verhält.



Führt man dies mit Translack bei höheren Temperaturen durch, ergeben sich andere Werte. Bei Verwendung von 47 mm Draht bei Temperatur von 200°C erfolgt ein Durchschlag nach 4 Std. Wenn wir mit der Temperatur auf 110°C bis 120°C herunter, so erfolgt Durchschlag erst nach 1 Std. Dies wäre die normale Trockenprobe. Folgen nun weitere Prüfungs- und Versuchsergebnisse. Bei der Härte H bei der Beurteilung der Isolationshärte zwecks zu vermerken, daß beim I.P. bei Lagerung in Patentöl kein Härterückgang zu beobachten war. In Schweißverbindungen Schwellung ein. Spiritusprüfung, bei 70°C keine Veränderung, ein. Bei Lagerung in Feuchtigkeit ist ein Härterückgang von 0,5 bis 1,0 H zu beobachten. Wasserabspaltung zu beobachten.

M - Drahte. Auch bei diesen Drahten ist der Härterückgang vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig. Er kann von 2800 MΩ um 30% absinken. In der HF ist er nicht so, da sich der tg Δ ( $10 \cdot 10^{-4}$ ) kaum verändert. Bei Prüfung seines Verhaltens bei Kälte ergab sich, daß ein Draht nach Abkühlung auf -50°C nach 5 Stunden ein

## Blatt 3

*Trocknung.*

Die Isolation dünner Drähte wird horizontal getrocknet, die dicker Drähte dagegen wird vertikal getrocknet, wobei 1 Draht 10 mal durch das Isolationsbad hindurch geht.

Im Februar 1953 hatte das Hettstedter Werk einige Wackechlen, dadurch entstanden, daß die Umstellung von der Labormaschine zur Herstellung zur Großproduktion nicht gleich klappte. Jedoch waren die Fehler erst später von den Kunden selber bemerkt. Auf der Draht blätterte der I.P.-Lackdraht ab, und zwar erst später, nachdem schon teilweise verwandt wurde.

Im 2. Halbjahr 1953 trat ein entsprechender Fehler auf dem Lackdraht aus Kupfer. Es waren im Draht Überwärmungen von Kupferoxydul enthalten. Hieraus bildeten sich später im Draht Klüfte aus, die dann aufplatzen. Hierfür gibt es verschiedene Erklärungen von Klüften.

1. Eine Ursache liegt in der geringen Verarbeitungsmenge des Drahtes.
2. Ungleichmäßige Temperatur (zu warm vergessen) beim Verarbeiten.
3. Ungleichmäßiges Gewicht der Drähte.
4. Blockablagerung von Kupferoxydul.
5. Durch Drängeschwankungen in den Trocknofen kann die Temperatur sinken. Es gibt dann Drähte, welche zwar äußerlich gut aussehen, aber später den sogenannten kalten Bruch haben. Wickeln wir einen Draht um sich selber, so tritt ein starker Bruch auf. Die Temperatur im Trocknofen muß unbedingt erreicht werden. Ein Temperaturerfolg wird nicht mehr verstanden.

Abbildung 1 zeigt die richtige Temperaturverteilung. Dies verhindert zu größere Durchschnittsbelastung. Hierin sei bemerkt, daß Vorschläge als betrieblicher angenommen werden kann. Sogar Transformatoren gewickelt, welche eine Betriebstemperatur von 100°C erreichen.

Blatt 4

bis zu 160° Cel aufwiesen. *über die Spg. in diesen Bereich würde nicht gesagt.*

Die Schlagfestigkeit von I.P. ist erstaunlich gut. Man hat <sup>1953</sup> glaube auf der letzten Leipziger Messe - einen Draht verwendet und dann eine Straßenbahn darüber fahren lassen. Die Isolations- hinterher noch unbeschädigt.

Bei Motoren mit großer Fliehkraft schwingen die Wickelköpfe einige Millimeter hin und her. Hier ist es besser, die Wickelköpfe zu unterstützen.

Über die Wirtschaftlichkeit ist noch abschließend zu sagen, die Verwendung von Isoperlonlacken den Verbrauch von Aluminium bedeutend erleichtert und mit dazu beiträgt, Kupfer einzusparen.

## Kleben von Metallen

### Ursachen für Festigkeit

#### Festigkeit einer Klebeverbindung durch

- Kohäsion (mech. Festigkeit des Bindemittels in sich selbst)
- Adhäsion (Bindefähigkeit zwischen Bindemittel und Substrat)

Bei Holz (porös) Bindemittel in Poren u. dort mech. verankert (Bild). Dies ist bei nicht-porösen Stoffen (Metallen) nicht möglich. In Grenzzone Bindemittel - Metall noch andere Kräfte (van der Waals Kräfte) / genügen, um gemessene Festigkeiten zu erklären.

#### Van der Waals'sche Kräfte

##### Adhäsion

Allgemein das gegenseitige Haften von Molekülen an Phasengrenzen infolge zwischenmolekularer Anziehungskräfte z.B. Adsorption von Molekülen an Grenzflächen / Haften von Flüssigkeiten an Festkörperoberflächen (Benetzung).

#### Freie Adhäsionsenergie (Adhäsions- oder Haftarbeit $A_A$ )

Entspricht dem Arbeitsgewinn beim Zusammenfügen je einer cm<sup>2</sup> Flüssigkeitsoberfläche (mit einer anderen oder) mit einer Festkörperoberfläche.

Dabei verschwinden die ursprünglichen Oberflächen / es entsteht eine neue Grenzfläche (verschiedene Phasen, also homogene Stoffe), die sind voneinander durch Grenzflächen getrennt / An diesen Grenzflächen herrschen gegenüber den Phaseninnern insofern andere energetische Verhältnisse, als in ihnen die Moleküle nicht von stoffgleichen Nachbarn umgeben sind. Daher treten bei Grenzflächenenergien auf, die bewirken, dass die Phasen eine bestimmte Gestalt (Oberflächengestalt) haben).

#### Haftarbeit:

$$A_A \approx \sigma \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Hiernach ergibt sich  $A_A$  bei Flüssigkeiten aus der meßbaren Oberflächenspannung  $\sigma$ . Die Arbeit zum Enthaften von Festkörper und benetzender Flüssigkeit im allgemeinen so die beim Benetzen freigewordene Adhäsionsenergie. Arbeit zum Haften von Klebstoff und Metall  $A_A'$  unterscheidet sich von  $A_A$  durch die Arbeit, weil sich der Klebstoff durch chemische Umwandlung verhält. Bei der Benetzung einer Festfläche kann die Haftarbeit

8 Kontaktwinkel): Der an der Randlinie eines Tropfens zwischen der Flüssigkeitsoberfläche und der festen Grenzfläche gebildet. (Wasser/Glas:  $0^\circ$ , Glas/Bz:  $140^\circ$ .)

3. Sprünge Beziehung: Die aus einem mech. Kräftegleichgewicht abgeleitete Youngsche Gleichung ermöglicht die Ermittlung der Haftspanne (Bestreben einer Flüssigkeit, sich auf festen Flächen auszubreiten) aus der Oberflächenspannung  $\sigma$  der Flüssigkeit und dem Kontaktwinkel  $\theta$ .

$$\sigma_{\text{flüss./fest}} - \sigma_{\text{flüss./flüssig}} = \sigma_{\text{fest}} = \sigma_{\text{flüss./fest}} \cdot \cos \theta$$

Thermodyn. Überlegungen Durrant, dass die Energie beim Ansetzen einer Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  fest wird (Anheftungsenergie  $A_2$ ) die Differenz zwischen den verschiedenen Oberflächenenergien fest/flüssig und flüssig/gasförmig und der entsprechenden Grenzflächenenergie fest/flüssig ist folgt

$$A_2 \approx \sigma_{\text{fest/gast.}} + \sigma_{\text{flüss./gast.}} - \sigma_{\text{fest/flüssig}}$$

Relation bei der Gleichungsmessung mit experimenteller Messarbeit  $A_2$

$$A_2 \approx \sigma_{\text{flüss./gast.}} (1 + \cos \theta)$$

Flüssigenergie = Maß für Größe der Anheftungsenergie zwischen den beiden sich berührenden Flächen und erleidet Abhängigkeit von der Orientierung von Molekeln in Grenzflächen.

4. von der Waals'schen Kräfte

Dipolmomente in Atom und Molekülen. Schwache Dipolmomente existiert (bei Atomen) von Maximalpunkt und Ladungszentrum. Dipolmomente: Entstehen durch freiwerdende elektrische Verschiebung der einzelnen Atome im Molekül.

5. von der Waals'schen Kräfte

6. Polarisierbarkeit vor allem bei Atomen, der Dindenz.

1) Orientierungskräfte permanenter Dipolmomente  $\mu$ , durch Mittel gegeben wird durch das Potential

$$U = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mu^2}{r^3}$$

$r$  = Abstand der Dipole,  $kT$  = therm. Energie

2) Polarisierbarkeit  $\alpha$ : Dipole können in dipollosen Molekülen Momente induzieren, die der Polarisierbarkeit  $\alpha$  proportional sind. Die zugehörige Wechselwirkung:

$$U = -2\alpha \frac{\mu^2}{r^3}$$

3) Dispersionskräfte rühren davon her, dass Teilungseffekte auch dipolloser Moleküle momentane Schwankungen mit

der Polarisierbarkeit  $\propto$  proportionale Momente induziert.  
 Ausserdem Verstärkung der Kräfte in Molekülen, in denen  
 ursprünglich welche vorhanden.  $\nu$  ist für das Teilchen  
 charakteristisch (Ableitung aus Dispersionskurve der Substanz).  
 zugehörige mittlere Wechselwirkungsenergie

$$U = -\frac{1}{2} \frac{h\nu^2}{c^2}$$

Hauptanteil normaler van der Waals'scher Kräfte ruht auf  
 Dispersion beruht.

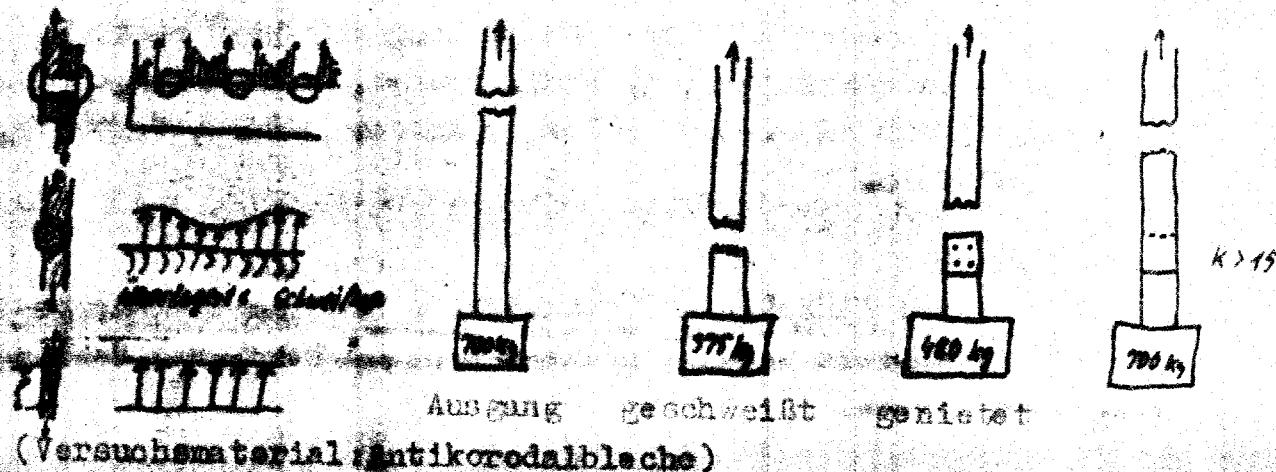
Spezieller Fall der van der Waals'schen Kräfte ist H-Bindung.

### Anforderungen an Klebemittel

- Verbindungsflächen gut benetzen.
- Spannungsfrei aushärten (geringe Volumenveränd., (keine Reaktionsprodukte (Blasen, (Spannungsspitzen) > )
- Gute Festigkeit in sich.
- Hohe Härtefestigkeit an den zu verbindenden Oberflächen.
- Mechanische Eigenschaften müssen bei stat. u. dyn. Beanspruchung erhalten bleiben, ebenso bei verschiedenen Temp., bei chem. u. atmosphärischer Beanspruchung.
- Darf keinen Anlass zu Korrosionen geben.
- Geruchlos, geschmacklos, ungiftig.
- Soll einfach verarbeitbar sein.

### Eigenschaften der Klebemittel

- Vorwiegend für Leichtmetalle, doch auch für Eisen, Kupfer, Holz, Porzellan, Germanium usw.
- Werkstoffgerechte Konstruktion erforderlich: Verbindungen Zug, Druck u. Abscherung beanspruchen.
- Vorteil gegenüber anderen Verbindungen (z.B. Nieten)



sondern (bei starren Teilen) von der ganzen Fläche aufgenommen.

Querschnitt nicht durch Nietlöcher geschwächt. Auch Werkstoffe nicht ungünstig durch hohe Schweißtemperatur, wie z.B. Leichtmetalle, beeinflusst.

Arbeitsverfahren vereinfacht, verkürzt, durch ungeladene Arbeitskräfte ausführbar.

Glatte, aerodyn. einwandfreie, ästhetische Oberflächen.

Vielseitige Anwendung: Verbindung untereinander von Metall, Nichtmetall, Holz, Kunststoffe, kautschukartige Materialien, Keramik.

## Bindemitteltypen

### 2 Hauptgruppen

#### 1 Hauptgruppe (auf Basis von Phenolharzen)

a) Meist mit flexiblen Komponenten modifiziert. Gute Scher- und Schälfestigkeit (bei synthetischen Kautschuk) sowie gute Hartfestigkeit bei Vibrationsbeanspruchung, aber geringe Standfestigkeit bei höheren, Sprödigkeit bei niedrigen Temperaturen.

b) Mit thermoplast. Kunststoffen vermischt (Vinylmischungen  $CH_2=CH-C$ ). Sehr gute Scher- und Schälfestigkeit bei guten Härtebedingungen. Bekanntester Vertreter Redux. Während der Härtung wichtige Bestandteile bei beiden Typen abgespalten.

Zur Vermeidung von Blasen, Wärme und Druck notwendig.

#### Arbeitsverfahren für Redux

(Sehr wichtig im angelsächsischen Flugzeugbau)

Metallische Verbindungsoberflächen entfettet - Picklingprozess (spezieller Itzprozess für Al): gebeizt, geteert - gewaschen. Redux (flüssig) K 5 aufgetragen - in Reduxpulver getaucht - unter Druck von 5 - 20 kg/cm<sup>2</sup> / 20 Minuten lang auf 145° erhitzt.

Dazu nötige Vorrichtungen: Hydraul. Pressen, Heisskammer, Brandvorrichtung, Vakuumkammer. Dies alles wegen der grossen Vorteile, aber in Kauf genommen.

### 2 Hauptgruppen

Äthoxylharze, Epoxid- und schmelzbare Phenolharze sowie mit Härtungsmitteln zu hochmelzbaren hochmolekularen Verbindungen vernetzten Harzen.

2. **10/20/64**

A 2.1 Initial Sonogram  
2.2 High Magnification  
2.3 Echotexture  
A 2.4 Standardized High-  
contrast (Histo)

A 3.1 festes Klebst.	nicht härtend
(Schmelzklebst.)	
-20	kalthärtend
0	warm-
20	heiß-

5. ~~Information~~

Sart (Pflanz. Kiechen, Kärner, Stadel, Sefeln) / Kittartig /  
 dickflüssig / schmelzflüssig. Viskosität ... ap/°E/Sek. DIN-Bech

6. \_\_\_\_\_

<b>Füllstoffe</b>	...	%
<b>Streckmittel</b>	...	%
<b>Geh. Schwefelgehalt</b>	...	%

**F. JAMES HENRY**

Nicht: ... g/cm<sup>3</sup>  
 geringe Löslichkeit, unvermischt;  
 schwerer nach Härterzusatz;  
 leicht / empfindlich  
 leicht / brennbar  
 schwer / gefüllend z. ASB 728  
 leicht / unbedenklich

geeignet / vor Gebrauch zu		bei ...		*G unter Rühren	
Strom in	... Teilen ....	bei ...	...	" "	" "
verwenden mit	... " ....	" ...	...	" "	" "
... ..	... *G /	Rühren			

9. **Inventory Control System:**

Nickelblech in gebrauchsfertigen Zustand: ... cp/\*E/Sek.DIN-B.  
 bau. Stahl./Nickel./stHf./pasten/streichbar/spritzbar

.....	/ -gewicht nach:	.... mm / ....	kg/m <sup>3</sup>
.....	/ - " trocken:	.... " / ....	"
.....	Std./Min.		
.....	" "		
.....	" "		
.....	" °C		
.....	kg/cm <sup>2</sup>		

19. RECEIVED

**Bestandteile:** hart - - weich -  
spröde - biegsam (flexibel) - schwach/stark oder  
selbstklebend - doppelklebend

**Beständig gegen:**

Feuchtigkeit / Wasser / Kochen / Bewitterung / Alterung /  
 Schimmel / Tropenklima /  
 Lösungsmittel / Alkohol / Äther / Aceton / Äthylacetat /  
 Tetrachlorkohlenstoff / Benzol / Benzin / Dieselöl /  
 tier. und pflanzl. Fette und Öle /  
 verd. / kons. Mineralsäure / verd. / kons. Laugen / Ammoniak  
 wärmebeständig kurzfristig bis .... °C  
 dauernd bis .... "  
 kältebeständig bis .... "

**11. Verklebungsfestigkeit:****Zugfestigkeit****Trennfestigkeit****12. Geeignet zum Verkleben / Verbinden von / Haftet auf:**

Papier, Pappe	Polyurethane (Vulcollan,
Holz	Moltopren)
Baumwoll- / Wolltextilien, Filz	Polyamid
Leder	Cellophan (gewöhnl.)
Gummi, hart od. füllstoffreich	Vulkanfiber
Perokrepp	Phenoplaste (preßharz)
Gummi, weich u. füllstoffarm	Acinoplaste (
Schaumgummi	Spoxydharzharzteile
PVC hart	Glas / Porzellan
" weich	Stein / Beton
Polyäthylen / Polypropylen	Aluminium / Alu.leg.
Polystyrol	Grauguss
Polymethacrylsäuremethylester	Stahl
(Plexiglas, Placryl)	" , hochlegiert
Celluloid	Kupfer und Legierungen
Cellulosetriacetat (Cellit 3)	Edelmetall
Celluloseester, sonstig	
Polyester, lineare	
" , ungesättigte	

**13. Sonstige Bemerkungen:****14. Anmerkungen:**

Es wird gebeten, die je nach Art des Klebers, Kitts usw. anzu-  
 kommenden Begriffe zu unterstreichen bzw. Nichtzutreffendes  
 ausstreichen und die Zahlenwerte einzutragen.

Unter 4. Basis ist mindestens das Hauptbindemittel anzugeben:  
 Stärke, Harnstoffharz, Nitrocellulose, Kautschuk, synthetischer  
 Kautschuk usw.

Die Angaben über die Eignung zum Verkleben von ... müssen  
 der Verbraucher als mehr oder weniger unverbindlich betrachten,  
 da besonders beim Verkleben verschiedener Materialien mit  
 häufig zusätzliche Anforderungen gestellt werden, die in die-  
 sem Karteiblatt nicht mit erfasst werden können.

Elektrische Eigenschaften: gut leitend - nicht/schwach/gut isolierend  
elektrisch hochwertig.

#### Beständigkeit gegen:

Feuchtigkeit - Wasser - Seewasser - Kochen - Bewitterung -  
Alterung - Schimmel - Tropenklima -  
Lösungsmittel - Alkohol - Äther - Aceton - Äthylacetat -  
Tetrachlorkohlenstoff - Benzol - Benzin - Dieselöl -  
Schwefelkohlenstoff - Kältemittel - tier. und pflanzl. Öle -  
verd. / konz. Mineralsäuren - verd. / konz. Laugen -  
Ammoniak - organische Säuren

wärmebeständig kurzfristig bis .... °C, dauernd bis .... °C  
kältebeständig bis .... °C

#### 9) Verklebungsfestigkeit:

Zugfestigkeit	{ nach . . . . . }	: ....	kp/cm <sup>2</sup>
Zugscherfestig.	{ " . . . . . }	: ....	"
Biegeschälfestig.	{ " . . . . . }	: ....	kp/cm
Trennfestigkeit	{ " . . . . . }	: ....	"
Dauerfestigkeit	{ " . . . . . }	: ....	"

#### 14) Geeignet zum Verkleben von <sup>4)</sup>:

Papier, Papp, Holz	..	Polyamid	..
Baumwoll-/Wolltextilien, Filz	..	Cellophan (gewöhnl./wetterfest)	..
Leder	..	Vulkanfiber	..
Gummi, hart od. füllstoffreich	..	Phenoplaste (preßblank/rauh)	..
Weich-/Schaumgummi, Porokrepp	..	Aminoplaste ( " " )	..
PVC hart	..	Epoxydgießharzteile	..
PVC weich	..	Glas / Porzellan	..
Polyäthylän/Polypropylen	..	Stein / Beton	..
Polystyrol	..	Aluminium / Alum.-Legie	..
Polymethacrylsäuremethylester	..	Magnesium-Legierungen	..
(Plexiglas, Placryl)	..	Grauguß	..
Celluloid	..	Stahl	..
Cellulosetriacetat (Cellit T)	..	" hochlegiert	..
Celluloseester sonstig	..	Kupfer u. Kupferlegierungen	..
Polyurethane (Vulkollan,	..	Edelmetalle	..
Woltopropan)	..	sonstige Metalle	..

Spezielle Anwendungsgebiete: . . . . .

#### 15) Zusätzliche Bemerkungen:

#### Anmerkungen:

- 1) Ausgearbeitet vom FA Klebetechnik der KdF 1957
- 2) Es wird gebeten, die infrage kommenden Begriffe deutlich zu kennzeichnen bzw. die Zahlenwerte gut lesbar einzutragen.
- 3) Kennzeichnung des ungefähren Beständigkeitsgrades:  
beständig durch Unterstreichen, bedingt beständig durch Einklammern ( ), nicht beständig durch Durchstreichen ----

- 4) Kennzeichnung des Grades der Haftung:  
0 = keine Haftung, 1 mäßige Haftung, 2 = gute Haftung,  
3 = sehr gute Haftung.

Die Angaben des Punktes 14 müssen seitens der Verbraucher als mehr oder weniger unverbindlich betrachtet werden, da besonders beim Verkleben verschiedener Materialien miteinander häufig zusätzliche Anforderungen gestellt werden, die hier nicht erfaßt werden können.

- http://www.kcp.com

Eigenschaften Werkstoffe		Eigenschaften nicht klebend		Eigenschaften klebend		Eigenschaften Normen	
Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe	Feinstoffe
Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel	Streckmittel
Aufbereiten durch:				Verarbeitungskennwerte			
Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel	Lösungsmittel
Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Härter	Härter	Härter	Härter	Härter	Härter	Härter	Härter
Eigenschaften geklebt				Eigenschaften geklebt			
Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Lieferform	Lieferform	Lieferform	Lieferform	Lieferform	Lieferform	Lieferform	Lieferform
nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend	nicht klebend
perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig	perlenförmig
körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig	körnerförmig
plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig	plattenförmig
pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig	pulverförmig
flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig	flockenförmig
filmförmig	filmförmig	filmförmig	filmförmig	filmförmig	filmförmig	filmförmig	filmförmig
drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig	drahtförmig
bandförmig	bandförmig	bandförmig	bandförmig	bandförmig	bandförmig	bandförmig	bandförmig
gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig	gallertförmig
Anwendung:				Anwendung:			
klebt	klebt	klebt	klebt	klebt	klebt	klebt	klebt
Papier	Papier	Papier	Papier	Papier	Papier	Papier	Papier
Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
Leder	Leder	Leder	Leder	Leder	Leder	Leder	Leder
Gummi	Gummi	Gummi	Gummi	Gummi	Gummi	Gummi	Gummi
Keramik	Keramik	Keramik	Keramik	Keramik	Keramik	Keramik	Keramik
Porzellan	Porzellan	Porzellan	Porzellan	Porzellan	Porzellan	Porzellan	Porzellan
C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste	C-Plaste
CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste	CO-Plaste
CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste	CN-Plaste
CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste	CS-Plaste
SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste	SiO-Plaste
Glas	Glas	Glas	Glas	Glas	Glas	Glas	Glas
Metall	Metall	Metall	Metall	Metall	Metall	Metall	Metall
Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:	Anwendung für Herstellung von:
Schlichte	Schlichte	Schlichte	Schlichte	Schlichte	Schlichte	Schlichte	Schlichte
Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas	Blumenglas
Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel	Appreturmittel
Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen	Kleberollen
Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer	Zündhölzer
Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel	Schmirgel
Vermerk:							

## Zusammenfassung des Inhalts von Metallklebverbindungen in der CSR.

Es soll hier grobgezeichnet werden den Inhalt meines Vortrages zu

Ich habe diesen Vortrag in fünf Abschnitten gegliedert:

1. Die in der CSR verwendeten Metallklebstoffe;
2. Die Eigenschaften der Metallklebstoffe;
3. Die Anwendung der Metallklebstoffe;
4. Die Herstellung der Metallklebstoffe;
5. Zusammenfassung der Metallklebstoffe in der CSR.

Diese Punkte werden kurz besprochen, um die Eigenschaften des-  
sen, was in der CSR verwendet wird, schon referieren zu können, zu meiden.  
Ein Vortrag über die Metallklebstoffe wird von solchen  
Vortragern gehalten, die sehr wenig Erfahrung haben, gestützt auf  
einen Vortrag, den ich in der Praxis und Forschung, Kunst-  
stoffe und Metalle, und die Anwendung der Metall-  
Klebstoffe in der Praxis und in der CSR beinahe dieselben.

Der Abschnitt über die Metallklebstoffe wurde deswegen aufs Nötig-  
ste reduziert, da ich nur bedeutendere Beispiele erwähnte.

Anschließend wurde die Metall-Metall-Verbindungen ins Auge  
gefasst. Die Verbindung von Metallen mit anderen Werkstoffen,  
mit Holz, mit Kunststoffen, Holz, Glas, mit den Plastmassen und  
Einkaufen, ist ein sehr interessantes Gebiet, und in der  
CSR entwickelt sich sehr stark, sehr schneller als die Metall - Metall -  
Verbindungen. Ich habe der Ansicht, dass es nicht das Haupt-  
problem der Metallklebstoffe ist. Neben der Übersicht tschechoslovaki-  
schen Metallklebstoffe und deren Eigenschaften werde ich dann,  
wie aus dem Vortrag folgt, auch auf andere Verfahren, sowie  
auf die Herstellung der Metallklebstoffe und auf die Verkle-  
bungsmethoden eingehen. Die erwähnten Punkte werden gewiss mehr  
Bedeutung haben, als es in diesem kurzen Vortrag

möglich war. Ich hatte nämlich vorausgesetzt, dass man die den vorgegangenen Vorträgen ausführlicher besprechen werde. Wählte deshalb minder bekannte Beispiele aus.

die in der CSR erzeugten Metallklebharzstoffe.

Gehen wir zuerst auf die tschechoslovakische Metallklebharzstoffe ein. Für die Verbindung von Metallen finden in der CSR Anwendung Klebstoffe auf Basis von phenolischen und Epoxy-Harzen, ferner auch Methacrylsäureester. Von grösster Wichtigkeit sind Epoxyharz-Klebstoffe, welche allermeist verwendet werden. Sie decken den Verbrauchsbedarf zu diesem Zwecke mit etwa 95 - 98 %. Vollständigkeitshalber werden aber auch die zwei neben genannten Gruppen erörtert. Gehen wir zuerst auf die phenolischen Klebharzstoffe ein. Von diesen findet vor allem ein mit einem Polyamid modifizierter Klebstoff Verwendung. Es wird bei einer Temperatur von 150 - 160 in 30 - 60 Minuten ausgehärtet. Die Aushärtung erfordert Druck. Die Zugscherfestigkeiten dieser Sorte bewegen sich bei 200 kg/cm<sup>2</sup>. Sie wird als Lösung oder Folie geliefert. Früher wurde auch ein mit Polyvinylformal weichgemachtes Klebmittel, daher Analogie des englischen REDUX-Klebmittels, verwendet. Es wurden aber schlechtere Ergebnisse als mit dem vorgenannten mit Polyamid modifizierten Klebstoffe erreicht, von besonderem Nachteil war eine beträchtliche Zerstreuung der Zugscherfestigkeitswerte der Verbindungen, weshalb dessen Erzeugung eingestellt wurde. Auf Basis von Methacrylsäureester wird das Metallklebmittel BM verwendet. Es wird als visköse, klare oder silbergraue Flüssigkeit geliefert. Es wird mit Zugabe von 1 % Härter verarbeitet. Die Verklebung benötigt einen kleinen elastischen Druck. Der Klebstoff härtet mindestens bei 60°C. Nach der Aushärtung wird der Druck erst nach dem Auskühlen der Klebeverbindung weggenommen, denn das Klebmittel ist thermoplastisch. Mittelwerte der

- 3 -

Zugscherfestigkeit sind 150-200 kg/cm<sup>2</sup>. Der Nachteil dieser Sorte ist deren Thermoplastizität, der Vorteil, daß sie selbst nach der Zugabe des Härters eine Lebensdauer von mindestens einer Woche hat.

Von den Klebstoffen auf Basis von Epoxyhärten werden mehrere Typen erzeugt und geliefert unter dem Warenzeichen "Upon". Für den Verbraucher sind besonders einladend: eine winzige Schrumpfung bei der Aushärtung, der Umstand, daß die Aushärtung keinen Druck benötigt, hervorragende Adhäsion und mechanische Eigenschaften dieser Klebstoffe. Die älteste Sorte der erzeugten Epoxid-Klebstoffe bildet Upon 1001 B, härterbar oberhalb 100° C. Es ist ein Analog des schweizerischen Produktes Araldit 1. Es wird geliefert als Pulver, grobe Stücke, als Lösung in einem flüchtigen Lösungsmittel oder als Paste mit einem reaktionsfähigen Lösungsmittel. Nach der Aushärtung gibt es Verbindungen mit hohen Festigkeitswerten. Die Werte der Zugscherfestigkeit bei statischer Beanspruchung bewegen sich zwischen 300-400 kg/cm<sup>2</sup>, bei dynamischer Beanspruchung (10 Mill. Schwingungen) 150 kg/cm<sup>2</sup>. Die Zugfestigkeit beträgt 400 - 600 kg/cm<sup>2</sup>. Es gibt gute Brigo-Schälhaftigkeitswerte, bei der Ermittlung mittels ASTM-Verfahrens /peeling test/ werden die Ergebnisse um 30% besser als diejenigen bei dem phenolischen mit dem Polyamid weichgemachten Klebstoff. Seine sehr guten dielektrischen Eigenschaften ermöglichen sogar Klebeverbindungen solcher Metalle, wo sonst eine Gefahr der Entstehung eines Elementes vorläge. So z.B.  $\epsilon$  des Klebstoffes ist  $3,7 \times 10^{-3}$  bei 800 Perioden, Dielektrizitätskonstante 3,9, Isolationswiderstand gemessen auf dem Tetrachrometer Richard Jahre  $8 \cdot 10^{12}$   $\Omega$  cm, spezifischer Widerstand  $2,06 \cdot 10^{15}$   $\Omega$  cm. Die Martens-Formbeständigkeit dieses Klebstoffes ist 105° C, die Vikat-Formbeständigkeit 120° C.

- 4 -

4

Eine andere Sorte des Epoxyd-Klebstoffes ist Upon 1200 P, eine Sorte härtbar bei 20° C. Die Zugscherfestigkeitswerte der Klebverbindungen bei dessen Anwendung bei statischer Beanspruchung gehen über 200 kg/cm<sup>2</sup> aus, bei dynamischer Beanspruchung wurden 65 kg/cm<sup>2</sup> ermittelt. In reinen Zustand ausgehärtetes Klebstoff hat gute mechanische Eigenschaften. Schlagzähigkeit des ausgehärteten Harzes ist 10 kJ/m<sup>2</sup> Biegefestigkeit 400 - 700 kg/cm<sup>2</sup>, Mittels-Formbeständigkeit 55° C. Es hat gute chemische Beständigkeit sowie dielektrische Eigenschaften. So z.B. die Durchschlagfestigkeit des Klebstoffes ist 25 kV/mm, Dielektrizitätskonstante 5,5, tg  $\delta$  0,02.

Man begann vor einiger Zeit mit der Erzeugung neuerer verbesserter Sorten von Epoxyd-Klebstoffen. Die erste ist kalthärtend. Im Gegensatz zu dem vorgenannten Upon 1200 P besitzt sie eine niedrigere Viskosität und erhöhte Macrens-Formbeständigkeit /80° C/. Die zweite ist wärmehärtend und wird von dem Upon 1001 B durch eine ~~wesentlich erhöhte~~, ungefähr 2  $\sqrt{2}$  x größere Bruch-Schallfestigkeit unterschieden. Für kalthärtende Sorten wurde eine neue Härterart entwickelt mit größerer Aktivationsenergie der Reaktion mit der Epoxyd-Gruppe. Die mit diesem Härter kombinierten Klebstoffe besitzen eine wesentlich längere Lebensdauer bei 20° C.

#### Prüfverfahren zur Bewertung der Metallklebstoffe

Ursprünglich wurde bei den tschechoslowakischen Klebstoffen nur die Zugscherfestigkeit bei statischer und dynamischer Beanspruchung, die Zugfestigkeit und Wärmebeständigkeit verfolgt. Erst in der letzten Zeit wird die Aufmerksamkeit auch auf das Schallfestigkeitsverfahren gelenkt. Niedrige Festigkeitswerte in dieser Hinsicht bilden nämlich den Mangel der meisten Klebstoffe.

-5-

Wir können sie sogar bei sonst hervorragenden Spezialklebstoffsorten sowie inländischen als auch ausländischen Ursprungs feststellen.

Es wurden mehrere Prüfverfahren erprobt: das von Dr. Meyerhaas in dem 41. Jg. der Kunststoffe veröffentlichte Verfahren für Araldite, das ASTM-Prüfverfahren genannt peeling test und das Rossmann-Schube-Verfahren. Bei dem ersten Prüfverfahren wird eine 1 mm dicke auf eisernem Prisma geklebte Platte gebogen. Bei dem zweiten werden 2 verklebte auf einem Zylinder befestigte Blechstücke geschält. Bei dem dritten Verfahren wird mit Quecksilberdruck auf Harzstoffolie gewirkt. Die besten Resultate gewährt das peeling test Verfahren. Es wurden einige kleinere Modifizierungen dieses Verfahrens vollbracht, vor allem dadurch, daß Prüfmuster mit den mit Zylinder gleichen Dimensionen benutzt wurden. Bei diesem Prüfverfahren wurden eiserne sandgestrahlte Blechstücke von 0,3 mm - Dicke verwendet. Dieses Verfahren bietet sehr gute Resultate, im allgemeinen mit geringen Experimentsfehlern. Die Zerstreuung einzelner ermittelter Prüfwerte bewegt sich bei 5 - 15 %. Wir haben diese Methode als sehr gut bei der Verfolgung des Einflusses der Klebstoffstruktur erprobt, wobei aus den Prüfwerten der nach der statistischen Quadratmethode zusammengesetzten Experimente berechnete Fehler tatsächlich verschäubar waren. Die bei den anderen zwei Methoden erhaltenen Resultate sind nicht so günstig; das von Dr. Meyerhaas beschriebene Verfahren ist zu sehr von der Dicke und Qualität des verklebten Materials abhängig. Dem gegenüber das Rossmann-Schube-Verfahren ist mehr auf filmbildende Stoffe anwendbar. Die Möglichkeit einer Modifizierung dieser Methode für Bewertung der Klebstoffe liegt an der Hand; für eine Serien-Ausnutzung ist die Arbeit mit

Quecksilber mangelhaft.

Neben diesen Prüfverfahren wurden einige Versuche mittels Ultraschall unternommen. Die ersten Prüfexperimente wurden so eingerichtet, daß die Klebverbindung direkt in das Ultraschallgerät mit einem Oelmedium eingetaucht wurde. Die mit Hilfe eines Epoxydklebstoffes ausgeführte Verbindung widerstand 2 Stunden lang einer Frequenz von 2.000.000 Schwingungen ohne jegliche Zerstörung. Gegenwärtig wird auf der Entwicklung des Gerätes, ebenso auf dem Ultraschallprinzip gearbeitet, wobei die Zerstörung oder Abschälung des Filmes in ähnlicher Weise, wie es in der des 1949 Jg. der Ind. Eng. Chem. veröffentlichten Arbeit beschrieben ist, möglich wäre. Es soll ein Gerät von mehrfacher Verwendung sein, das nicht nur für die Verfolgung der Klebstoffadhesion, sondern auch der Anstrichstoffe, Gieß- und Kontaktpressharze u. dergl. bestimmt ist.

#### Oberflächenvorbehandlung.

Ich möchte jetzt kurz eine sehr wichtige Frage streifen: die Werkstoffoberflächenbehandlung. Ich werde einige Erfahrungen anführen, welche in der CSR auf diesem Gebiet gemacht wurden. Die Reinheit der zur Verklebung behandelten Werkstoffoberfläche ist nämlich eine der grundsätzlichen Bedingungen einer erfolgreichen Metallverbindung. Dieses Problem wurde gründlich gemein verfolgt. Von anorganischen Unreinigkeiten sind es besonders Korrosionsprodukte, Rückstände der Glanzmittel und Schleifpisten, des Formiersandes und verschiedener Chemikalien. Organische Unreinigkeiten sind meistens von den Mineral-, Tier-, Pflanzenölen, Schmierstoffen, Seifen, Wachsen, Fettsäuren, verschiedenen Kohlenwasserstoffen oder deren Gemischen vertreten.

- 7 -

Es wurde der Einfluss einer künstlichen Oberflächenverunreinigung auf die Zugscherfestigkeiten der Klebverbindungen untersucht. Ich möchte drei Beispiele anführen: den Einfluss des Öls, des Schmierstoffes V 2 und des Stearins. Die erwähnten Stoffe wurden in einer Trichloräthylenlösung aufgetragen. Vor dem Versuchen wurde eine Entfettung durchgeführt, wobei die Prüfblochstücke zuerst 30 Min. in einem alkalischen Bad auf 70 °C erwärmt, dann mit kühlem Wasser abgespült, 1-2 Min. in einer 10 % Salzsäurelösung gebeizt, wieder mit Trinkwasser und schliesslich mit destilliertem Wasser abgespült, und in einer Infrarotlampe getrocknet wurden.

Die experimentalen Untersuchungen wurden an dem kalthärtenden Epoxyklebstoff Udon 1200 2 ausgeführt.

#### Der Einfluss des Lageröls:

	kg/cm <sup>2</sup>
0,0	217,0
0,92	213,5
20,0	206,5
50,0	200,7
95,6	187,4

#### Der Einfluss des Schmier- fettes V 2:

mg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0,0	217,0
1,2	147,0
43,0	110,0
424,7	23,0

#### Der Einfluss des Stearins:

mg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0,0	217,0
0,96	169,0
15,75	106,5
39,7	23,5

Aus den Resultaten geht hervor, dass von den untersuchten Werkstoffen das Stählen den größten Einfluss auf die Zugscherfestigkeit ausübt. Von den in der GSR untersuchten Reinigungsethoden möchte ich nur einige erwähnen. Von den mechanischen Oberflächenbehandlungen wurde die Reinigung mit Schmirgelpapier, Stahlrahtbürste, mit Schleifmaschine und mit Sandstrahlen erprobt. Die besten Resultate wurden bei den Sandstrahlen mit feinkörnigem Quarzsand festgestellt. Gute Resultate ergibt auch ein Abschleifen mittels der Schleifmaschine oder ein Abschleifen mittels Schmirgelpapier. Die Reinigung mit Stahlrahtbürsten hat sich nicht bewährt, denn bei diesem Verfahren wird nach einer längeren Bürstenverwendung die Unreinigkeit von einer Stelle an eine andere übertragen wird.

Von den chemischen Oberflächenbehandlungen sei hier nur Säurebeizen erwähnt. Am meisten wurde Schwefelsäure, Salzsäure und Phosphorsäure verwendet. Neben Einzelbeizen wurden auch verschiedene Kombinationen angewandt, z. B. ein Entfettungsgemisch aus Phosphorsäure, Emulgator, Natriumcarbonat, Butanol und Äthylalkohol. Dieses Gemisch hat sich als ein Sparbeizmittel bewährt, denn es beschränkt übermäßiges Auflösen reinen Metalls. Es wurden weiter oft Kombinationen mit Natriumbichromat angewandt. Auch die Reinigung mittels der Lösungsmittel gab gute Resultate. Es haben sich vor allen Trichloräthylen, Tetrachlormethan, Äthylalkohol und Azeton bewährt. Am meisten besonders nach einer mechanischen Vorbehandlung, wurde das Äthylalkohol verwendet. Nach der Behandlung mit Äthylalkohol wurde das gereinigte Metall in Wasserstrom abgespült. Von den alkalischen Entfettungsbädern haben sich besonders diejenigen bewährt, welche neben dem Natriumdihydrogenphosphat und Dinatriumsilikat auch Emulgator enthielten. Als erfolgreich hat sich die Entfettung mittels der Lösungsmittel in Kombination mit Ultraschall erwiesen. Die Kontrolle der Oberflächenreinigkeit wurde an Hand der sog. Wasserfilmschicht ausgeführt. Die gereinigte Werkstoffoberfläche wurde mit Wasser übergeben und die Entstehung einer Wasserfilmschicht verfolgt. Wenn keine zusammenhängende Wasserschicht entsteht, wird es klar, dass die Reinigung nicht vollständig ausgeführt worden ist.

Zu dieser Übersicht der erprobten Methoden gab es noch hinzu, dass man in der Praxis besonders die Entfettung mittels der alkalischen Bäder, der Säure oder des Sandstrahlens benutzt.

### Verklebungstechnik

Ich habe noch einige Bemerkungen zu der Verklebungstechnik. Die Technik der Metallverklebung in der GDR unterscheidet sich nicht wesentlich von den im Ausland benutzten Verfahren. Minder benutzt wird die Verklebung mittels der Klebefolien. Es wird vor allem das Klebemittel FK (auf Basis von einphenolischem mit Polyamid modifizierten Harze) benutzt. Die Folie wird in einer Dicke von 0,1 - 0,2 mm geliefert. Bei der Verklebung werden Folienstreifen nach den erwünschten Dimensionen zugeschnitten, d.h. nach der Verklebungslänge und der erwünschten Überlappung, zwischen die zur Verklebung vorbereitete Stücke eingeschoben, welche sogleich zusammengezogen werden. Es folgt dann eine normale Klebstoffaushärtung. Dieses Verfahren ist viel mehr rascher als das Auftragen des Harzes in Pulverform, in Stücken oder in einer Lösung, es garantiert eine gleichmässige Filmschicht des Klebstoffes. Auf eine ähnliche Weise wurden Versuche mit hitzehärtbaren Epoxyd-Klebstoffen. Das Klebmittel wurde auf Glasgewebe aufgetragen und ähnlich wie FK Klebstoffolie verarbeitet. Weil aber das Harz in unausgehärtetem Zustand spröde zerbröckelt es bei Biegung oder Stoss. Diese Eigenschaft verhindert eine weitere Entwicklung, welche in vollem Masse der elastischeren FK Klebstoff-Folie zu erwarten ist. Bei kalthärtenden Klebstoffen wurde bei der Serienanfertigung die Zugabe des Härters vor der Verarbeitung als mangelhaft betrachtet. Besonders bei den Uron 1200 P, bei welchem die Lebensdauer bei 20°C maximal 2 Stunden ist, gab es gewisse Schwierigkeiten. Diese Probleme werden jetzt dadurch gelöst, dass in den Betrieben mit Serienvorverklebung eine spezielle Abteilung entwickelt worden ist, in der abgetrennt Harzdosiert, eingewägt werden und Härter in spezielle Reagenzgläser bürretiert bzw. auch der Füllstoff eingewägt wird.

Auf diese Weise wurde es ermöglicht, daß den Klebstoffverarbeitenden Abteilungen alle Klebstoffbestandteile genau nach der Rezeptur eingewogen werden, welche dann knapp vor der Verarbeitung gemischt werden. Am meisten benötigt man 50 und 100 g - Einwagen des Klebstoffes.

Ich möchte noch eine Frage streifen, nämlich die der Einarbeitung und der Qualifikationserhöhung des Personals. Die Arbeiter wurden mit der Verklebungstechnik durch Vorträge und Aufsätze bekanntgemacht, und außerdem wurde für jede Klebstoffsorte eine ausführliche Gebrauchsanweisung oder Verarbeitungsvorschrift verfaßt. Für wichtigere Zweige auf dem Gebiete der Verwendung werden die Arbeiter in demjenigen Forschungsinstitut, in welchem der diesbezügliche Härter entwickelt worden ist, eingearbeitet. Erst in der letzten Zeit sind Vorbereitungen für einen Kurs über Metallverklebung getroffen. Den Inhalt dieses Kurses werden neben der Verklebungstechnologie einschließlich der Reinigung der Werkstoffoberfläche und der Methodik der Aushärtung auch Informationen über die Eigenschaften und Charakteristik der zugänglichen Klebstofftypen, über Prüfungsmethoden, Grundsätze der Adhäsion usw. bilden. Die Arbeiter werden auch mit der Berechnung der Ueberlappung an Hand gegebener erwünschten minimalen Festigkeitswerten und gegebener Klebstoffqualität bekanntgemacht.

#### Anwendungsbeispiele von Klebharzstoffen für Metallklebeverbindungen

---

Zum Schluß meines Vortrages möchte ich in groben Zügen einige Beispiele der Klebstoffverwendung für Metallverbindungen besprechen. Die Metallverklebung gehört in der GDR zwischen die jüngsten Arbeitsgebiete. Ernstlicher wurde auf diesem Gebiet erst im Jahre 1951 gearbeitet, eigentlich zusammen mit der Herstellung geeigneter Klebstoffsorten. Die Metallverklebung breitete sich zuerst in der elektrotechnischen Industrie aus, wo sich längere Erfahrungen mit der Verklebung mit Glas, Keramik u. dgl. mangeln

verlagen, und die Verklebungstechnik daher ziemlich gut bekannt war. Schon die Verwendung für Verklebung mit Klebstoffen brachte mehrfache Vorteile und Ersparnisse. Ähnliche Ersparungen wurden bei der Metallverklebung zu St gebracht. So z.B. bei Verklebung des Magnets der Messergew wurden gegenüber dem früheren Einspritzen in eine Aluminium legierung folgende Vorteile festgestellt: Es wurde eine Verbindung von erhöhter Qualität erreicht, durch diese Arbeitsweise wurde die Qualität des Magnets praktisch unberührt, was nicht bei dem früheren Verfahren der Fall war - bei jenem Verfahren wurde nämlich der Magnet durch die Erwärmung stark beansprucht und dadurch entwertet - , das neue Verfahren ist schneller und auch billiger. Es wurden Hunderttausend-Kronen Ersparnisse in einem Jahr erreicht. Ähnlicherweise blieb die Qualität der Schneide der Fräsmesser bei der Verklebung unberührt. In einigen Fällen bildete die Metallverklebung die einzige bisher mögliche Lösung des gegebenen Problems. So z.B. bei der Verklebung der Sonatperm-Kerne. Die Ränder des zusammengerollten Kernes wurden verklebt und der Kern dann mittels der Fräsmaschine aufgeschnitten. Bei diesem Arbeitsgange dürfen sich die verklebten Blechstücke weder durch gewickelte Erwärmung, noch durch mechanische Beanspruchung au lösen, die Entfernung zwischen den Blechstücken muß unverändert bleiben. Ferner wurde die Verklebung zur Anfügung der Achse an den Roter an Stelle des früher verwandten Aufschlagens der Achse bei Erhitzung angewandt. Die vorzügliche Eignung der Klebstoffe zu diesem Zwecke wurde zuerst versuchsweise an einer locker gewordenen Zentrifugenachse von 120 cm Durchmesser erprobt.

Von den Verklebungsanwendungen in der Kraftfahrzeug-Industrie möchte ich auf ein interessantes Beispiel aufmerksam machen. Es wurden einzelne Bestandteile eines neu entwickelten Wasserpumpen aus Aluminium für einen Personenkraftwagen verklebt. Die Betriebsversuche des neuen Kühlers sind im Laufe bisher ermittelte Resultate bezeugen, daß er sich bewährt.

Die Serienherstellung würde vielmehr einfacher als es bei der Schweissmethode der Fall ist.

Von den in anderen Industriezweigen gemachten Verklebungsanwendungen seien da nur noch einige der bedeutsameren Beispiele erwähnt. Es wird mittels der Verklebung eine erfolgreiche Überlappung des Eisens mit anderen Metallfolien erreicht. So wird z.B. bei einer Sorte von Messgeräten Eisen mit Nickel überlappt. Ferner wurden Bestandteile feiner ärztlichen Operationsinstrumente z.B. für Augen Chirurgie verklebt. Versuchsweise werden mittels der Verklebung Häuser aus dem Aluminium zweiter Schmelzung, Spielzeuge u.a. hergestellt.

Die Ausnützung der Verklebung in der Luftfahrzeugindustrie ist erst in Anfängen. Es werden serienweise bloß etliche Versteifungen der Flügel einiger Flugzeugtypen und ferner spezielle Halter hergestellt. Für eine weitere Entwicklung der Metallverklebung in dem Flugwesen sind Vorbereitungsarbeiten im Laufe, es werden die Eigenschaften der inländischen Klebstoffe geprüft und künftige Anwendungszweige berechnet.

Zuerst wurde besonders die Klebeverbindung leichter Metalle erwogen. Aber auch bei der Verbindung eiserner Konstruktionstücke ist die Verklebung von erheblicher Bedeutung. Da handelt es sich um ein weiteres Problem: das Lötten dadurch zu ersetzen. In dieser Hinsicht ist folgendes zu erwägen: das Lötten mittels des Lötzinns ist technischerweise ein fortschrittliches und technologischerweise geläufiges Arbeitsverfahren. Die Verklebung ist in heutigem Zustand und in der mechanisierten Erzeugung mehr langsam und kompliziert. Die einfache Lötungstechnik kann man für das Verkleben entweder nicht, oder sonst nur ausnahmsweise übernehmen. Der Preis der Klebstoffe ist vielmehr niedriger, als der der Lötmittel. Von Bedeutung ist ferner das, daß spezifisches Gewicht der Klebstoffe sich zwischen 1,2 bis 1,3 gr/cm<sup>3</sup> bewegt, dagegen das der Lötmittel durchschnittlich 9,5 gr/cm<sup>3</sup> ist. Zu erwägen sind daneben die Zinnersparnisse. Bei einer teilweise automatisierten Serienherstellung

- 13 -

konnte große Produktionsersparnisse erzielen. Man muß die großen Vor- und Nachteile gründlich erwägen. In Einzelfällen ist die Verklebung als Zinnlotmittel-Ersatz in erfolgreicher Entfaltung; die bisher verlangten Resultate deuten an, daß diese Klebharzestein-anwendung von großem volkswirtschaftlichen Bereich wäre.

Zum Schluß möchte ich zusammenfassen, daß in der letzten Zeit in der DDR eine große Aufmerksamkeit auf die Metallverklebung gerichtet wird, besonders auf die Möglichkeit einer automatisierten Serienherstellung. Denn schon die bestehende Klebstoffverwendung bringt Ersparnisse von Millionen-Kronenwert und eine Qualitätssteigerung einer Reihe von Erzeugnissen. Von der Klebstoffanwendung ist nämlich eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität und der Rentabilität der Herstellungsverfahren zu erwarten.

Anlage 2

## Erfindungsbericht

- Kollege Grewch -

Betr.: Abdichtungsversuche an porösen Gußstücken mit Hilfe von Epoxyd-Klebhars im Motorenwerk Johannisthal (VEB)

Meine am 8. November 1955 vor dem Fachausschuß "Metallklebetechnik" in der KdT, Bezirk Groß-Berlin, mündlich vorgetragenen Ausführungen zu diesem Thema, können wie folgt, zusammengefaßt bzw. ergänzt werden:

Unser Motorenwerk hatte bei der Durchführung seiner Produktionsaufgaben gleich anderen Betrieben laufend dadurch Schwierigkeiten, daß wertvolle Gußstücke infolge poröser Stellen verworfen und verschrottet werden mußten. U.a. mußte sich unsere Gütekontrolle oft dazu entschließen, Gußstücke, die an die Gießtechnik außerordentlich hohe Ansprüche stellen, als unbrauchbar zu erklären, obwohl sie nach Herstellung einer im Ausmaß geringfügigen aber funktionssichernden Undichtigkeit ihrer Verwendung hätten zugeführt werden können.

Die Anwendungsmöglichkeiten des bisher bekannten Löt- und Abbehr-Verfahrens erwiesen sich für unsere Zwecke als nur sehr begrenzt durchführbar, außerordentlich zeit- und kostspielig und sogar in den meisten Fällen wegen des Entstehens einer Korrosionsgefahr als unbrauchbar.

Nachdem anlässlich der Berliner Kunststoff-Ausstellung im Frühjahr 1955 vonseiten des Kollegen B a u s c h k e die Anregung kam, der Anwendung von Epoxyd-Klebhars zur Abdichtung undichter Gußgehäuse besondere Aufmerksamkeit zu schenken, erhielt ich von meinem Vorgesetzten, Kollegen B a u s c h k e, den Auftrag, mit Unterstützung von Mitarbeitern der Akademie der Wissenschaften, Laboratorium für Kunststoffe (Lk), zu versuchen, undichte Leichtmetall-Ölfiltergehäuse, die einem Prüfdruck von 12 atü standhalten mußten, mit Hilfe der Anwendung von Epoxyd-Klebhars abzudichten und sie damit für die Produktion verwendbar zu machen.

Die anlässlich der VEB-Messe Filter vorgeschenen Gußstücke ergab sich bei Prüfung an porösen Stellen bzw. Randungen mit zu wenig druckdichtes Material. Es wurde versucht, eine 1 mm d. Hartschicht so zu verstärken, daß die Filter den Anforderungen genügen.

- 2 -

Bei der Durchführung des Versuches wurde kalthärtendes Epoxydharz AG 44, das in vorgeschriebenem Mischungsverhältnis mit dem Härter AH 8 zu einer gebrauchsfähigen Klebharzmasse angerührt worden war, verwendet. Während des Auftragens dieser Masse wurde der Innenraum des Gebäudes einem Vakuum ausgesetzt und die Warmhärtung des Harzes in einem elektrisch beheizten Luftumwälzofen mit automatischer Temperaturregung bei  $+ 80^{\circ}\text{C}$  durchgeführt, wobei der Innenraum des Gebäudes während der ersten 20 Min. im Ofen dem Vakuum-Einfluss ausgesetzt blieb.

Nachdem es gelungen war, in zahlreichen Beratungen mit einem Werkleiter Wege zu finden, die an 34 Ölfiltern zu positiven Versuchsergebnissen führten, wurden die hierbei gewonnenen wertvollen Erfahrungen und Erkenntnisse zur Grundlage für weitere Versuche gemacht.

War bereits bei den Anwendungsfällen bezüglich des Ölfilters erreicht worden, daß besonders dringend benötigte Gußstücke trotz ihrer Porosität der Produktion zugeführt werden konnten, so war es eben doch nur der Anfang dazu, diesem vorteilhaften Verfahren neue und noch größere Anwendungsbereiche zugänglich zu machen, zumal es sich beim Epoxydharz um ein völlig neutral wirkendes Abdichtmittel handelt, welches sich im Vergleich mit bisher bekannten Klebstoffen durch außerordentlich günstige Festigkeitseigenschaften auszeichnet.

Das umständliche Verfahren der Warmhärtung im elektrisch beheizten Ofen gab mir Veranlassung, zu experimen, den ganzen Arbeitsprozeß durch Anwendung von Infrarot-Bestrahlung wesentlich zu vereinfachen und darüberhinaus auch entscheidend zu verbessern.

Die Erfahrung zeigte, daß sich bei Bestrahlung mit einer 500 W-Infrarotlampe die einzelnen Verfestigungsphasen beim Aushärtungsprozeß des Klebharzes äußerst günstig beobachten lassen und ich bandigte diese Erkenntnis dazu, die gesamte Plastizitätsphase während des Aushärtungsprozesses zum Modellieren der Dichtstelle auszunutzen.

Diese neue Verfahrenstechnik ermöglichte es, das Abdichten von undichten Gußstücken auch dann anzuwenden, wenn es, wie bei unseren Groß-Loren-Gebäuden nicht gelingt, in jedem Fall die zu behandelnde Stelle in eine Horizontal-Lage zu bringen, um ein Weglaufen des in Folge des Erhitzenes anfänglich recht flüssig werdenden Harzes zu vermeiden.

- 3 -

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG  
VON KLEBHARFILMEN

- 3 -

Dieses, unter dem Bestrahlungseinfluß der Infrarot-Lampe erreichte Modellierungsmöglichkeit gestattete es, den Übergang vom Harzfilm zum Werkstück stufenlos bzw. mit jedem beliebigen Übergang zu gestalten. Zugleich gestattete dieses Verfahren, den Klebharzfilm mit Hilfe des Modellierstäbchens einem besonderen Anpreßdruck auszusetzen, damit er dadurch noch besser in die auszufüllenden Hohlräume gelangen kann. Dadurch wurde für die Mehrzahl der Fälle die umständliche Vakuumanwendung erspart.

Ein weiterer Vorteil ergab sich bei der Infrarotbestrahlung dadurch, daß die Blasenbildung im Klebharzfilm, wie sie sich häufig beim Härten im geschlossenen Ofen zeigte, vermieden wurde. Da der Klebstoff ein möglichst unauffälliges Aussehen zu verleihen, erwies es sich als vorteilhaft, auf die gegen Ende der ersten Ausbrennungsperiode noch etwas klebrige Oberfläche des Klebharzfilmes feinstgemahlenes Metallpulver aufzustreuen bzw. dieses mit Hilfe eines fettfreien Lappens einzureiben.

In der Folgezeit wurde die Verfahrenstechnik insofern weiter entwickelt, als es gelang, unter Beibehaltung der bereits erwähnten Infrarotbestrahlung ähnlich wie beim Steil- bzw. Senkrechtschweißverfahren auch solche Hohlräume zu beseitigen, die einen senkrecht aufsteigenden Auffüllprozeß erfordern. Zu diesem Zweck wurde nach Bestreichen der zu behandelnden Ränder und Grenzflächen mit klarem gebrauchsfähigem Epoxyharsgemisch zum Auffüllen des Hohlraumes eine breiartige Spachtelmasse, die unter dem Einfluß der Infrarotbestrahlung gut schichtweise aufbaubar und entsprechend modellierbar ist, verwendet. Eine solche Spachtelmasse kann man sich selbst durch Einmischen von feingemahltem Metallpulver zu der gebrauchsfähigen Epoxyharsmischung im volumenmäßigen Mischungsverhältnis: 1 Teil Klebharz zu ca. 1 bis 1,5 Teilen Metallpulver herstellen. Hierbei wird die Art des Metallpulvers so gewählt, daß sie dem Werkstoff des zu behandelnden Gußstückes weitgehend entspricht, z.B. zum Abdichten von Leichtmetallgehäusen - Aluminiumpulver, dagegen für Grauguß- bzw. Stahlgußgehäuse Eisenpulver (benannt als Ferrum metallicum pulv., Name feinstgepulvert von der VVB Pharma, Laborchemie, Apolda).

Die anfangs aus geschlachten Spänen gewonnenen feinen Metallkörnchen beispielsweise Graugußkörnchen, erwiesen sich als weniger brauchbar, weil durch ihre zu grobe Körnung die Werkstoffeigenschaften der ausgehärteten Epoxymassenspachtel negativ beeinflusst werden. Nach den

- 4 -

getragenen Erfahrungen kommt es entscheidend auf eine größtmögliche Feinheit und peinlichste Sauberkeit des Metallpulvers (Korngröße unter  $1/\mu$ ) an, um die günstigsten Festigkeits- und Elastizitätswerte zu gewährleisten.

Dieses Verfahren hat sich seitdem am besten bewährt und findet auch auf dem Gebiet des Abdichtens von Motorengehäusen den größten Anwendungsbereich.

Es konnten in unserem Werk durch die Anwendung des Epoxydharz-Abdicht-Verfahrens hohe Verluste vermieden werden und es ist unsehbar zu erkennen, welcher volkswirtschaftliche Nutzen entstehen würde, wenn es gelänge, dieses dem neuesten Stand der Technik entsprechende Abdichtverfahren in großem Stil allen interessierten Kreisen unserer volkseigenen Industrie zugänglich zu machen. (In diesem Zusammenhang sei auf den in der Zeitschrift "Die Wirtschaft" Nr. 46 vom 1.12.1975 erschienenen Artikel des Herrn Hr. Wende verwiesen) Zu seiner Einführung sind m.E. folgende Maßnahmen bzw. Voraussetzungen erforderlich:

1. Auswertung und breite Publizierung der bisher im VEB Motorenwerk Johannisthal gesammelten Erfahrungen mit dem Ziel, breite Kreise der Industrie und Wirtschaft vom Bestehen dieser Verfahrenstechnik in Kenntnis zu setzen und zur Anwendung anzuregen. Ich bin gern bereit, auf die im vorliegenden Bericht nur angedeuteten Arbeitsgänge und Anwendungsbereiche ausführlicher einzugehen.
2. Systematische Durchführung von Versuchsreihen in einem wissenschaftlichen überbetrieblichen Institut, mit dem Ziel,
  - a) das Verhalten des Epoxydharzfilmes ohne und mit Einfluß einer verschieden-prozentigen Metallpulver-Bemischung in Abhängigkeit von der Temperatur zu ermitteln. - Für den Motorenbau interessiert vor allem der Temperaturbereich zwischen 60 und 90° C und zwischen 100 und 120° C und darüber, -
  - b) Festigkeitswerte zu finden, die der Praxis genügenden Anhaltspunkt geben über das Verhalten eines Epoxydharzfilmes, welcher bei gleichbleibendem Bruch verschiedenen hohen Temperaturen ausgesetzt wird.
3. Ausreichende Bereitstellung von Epoxydharz für die Industrie, damit endlich der "Ramp" des Versuchstadiums durchbrochen werden

KH:K

3. 12. 1975

- 5 -

5. Schaffung der organisatorischen Voraussetzungen zur breiten Einführung der neuen Technik; hierzu sind erforderlich:

- a) Bereitstellung genügend qualifizierter Kader für die Durchführung der neuen Verfahrenstechnik mit dem Ziel der Sicherung der Chemikalien und Hilfsgeräte vor dem Zugriff durch unqualifizierte Kräfte, die geneigt sind, hieraus ein "Allheilmittel" machen zu wollen,
- b) namentliche Festlegung des für den im Betrieb für die Durchführung der Arbeiten verantwortlichen Kollegen, der am besten die Qualifikation eines Ingenieurs mindestens aber die eines Technikers haben muß. - Als Vergleichsmaßstab sei hierbei an die Funktion eines Schweiß-Ingenieurs erinnert. -

5. Organisierung eines breiten Erfahrungsaustausches, wobei vergleichsweise mit der Schweißtechnik an die Schaffung einer Zentralstelle für Epoxidharzabdichtverfahren gedacht wird. Diese Zentralstelle, der auch große internationale Bedeutung im technisch-wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch mit den Volkedemokratien zukommen würde, muß sich mit der laufenden Weiterentwicklung des Abdichtverfahrens beschäftigen, und z.B. auch die Anwendungsmöglichkeiten der sich z.B. in der DDR in Neuentwicklung befindlichen Polyurethane erproben.

Abschließend möchte ich diese erstmalig der Öffentlichkeit bekanntgegebenen Erklärungen dahingehend zusammenfassen, daß ich die Entwicklungserfolge des genannten Abdichtverfahrens für ausreichend halte, um es in großem Maßstab in die Praxis einzuführen. Voraussetzung dazu, wie bereits vermerkt, eine genügende Bereitstellung von Epoxid-Harz durch unsere DDR-Produktion, evtl. auch noch durch vorübergehende Importe. Unserer Volkswirtschaft würden hierdurch zweifellos große Vorteile erspart bleiben; der gesamte, so außerordentlich spannungsreiche GDR-Sektor würde fühlbar vom Druck der nicht immer gütlich zu beherrschenden Außenquote entlastet werden und die Güter, die neben anderen auch von dieser Seite her die Wirtschaft der DDR noch vorhandenen Schwierigkeiten schneller zu überwinden helfen. Die hierdurch erzielbare Einsparung an Brennstoff, Material und vor allem an Arbeitskraft- und Transportkosten sei in diesem Zusammenhang besonders eingewiesen. - Es darf hierdurch jedoch kein Zweifel an der Wichtigkeit der Arbeit in Gießereien gegeben werden.

Es liegt die Idee, gleichzeitig mit dem Ausweilen dieser großen Park-  
 decke auch schon zu gleich, jetzt die Initiative zur allgemeinen Einfüh-  
 rung der neuen Technik zu ergreifen, allen meinen Mitarbeitern im  
 GPH Motorenwerk Johannisthal für ihre wertvolle Mitarbeit und den so  
 fruchtbaren Meinungsaustausch zu danken. Dieser Dank gebührt beson-  
 ders auch den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Akademie der Wis-  
 senschaften, Abteilung Kunststoffe. Möge die Entwicklung dieses  
 neuen Verfahrens all unseren Werktätigen als Beispiel dafür be-  
 kannt werden, welche Kräfte in einer fruchtbaren Zusammenarbeit  
 zwischen Wissenschaft und Technik liegen und wie wichtig es ist,  
 sie zum Nutzen unserer Volkswirtschaft und damit zur Sicherung des  
 Friedens voll zur Entfaltung zu bringen.

gez. Grosch

VWU Motorenwerk Schwanau

Aufstellung der im Jahre 1955 bis Ende No-  
vember mit Hilfe der Epoxydharz-Abdichtung  
wieder verwendbar gemachten porösen Gußstücke

Lfd. Nr.	Stück.	Benennung	Gesamt- wert DM	Lohnauf- wand		Eingespar- ter Betrag DM
				Std.	DM	
1	58	Motorengehäuse (Leichtmetall oder Grauguß)	94 612,-	213		
2	25	Zylinderköpfe	10 860,-	32		
3	4	Wassermantel	600,-	10		
4	40	Ölfiltergehäuse	2 800,-	68		
5	1	Preßluftverteilerdeckel	75,-	3		
6	7	Schwungräder	3 500,-	8		
S u m m e :			111 647,-	394	2 124,-	109 523,-

## Metallischer auf Polyurethan-Basis

- Dipl.-Phys. Müller -

Polyurethane ist ein Sammelbegriff für eine Reihe von Kunststoffen, die nicht durch Kondensation oder Polymerisation, sondern durch eine reine Additionsreaktion entstehen, die sich zwischen der Isocyanat- und der alkoholischen Hydroxygruppe abspielt. Für die Herstellung hochpolymerer Verbindungen sind Diisocyanate erforderlich, die mit Verbindungen mit zwei und mehr funktionellen Gruppen zur Reaktion gebracht werden. Die vielseitigen Eigenschaften der Produkte werden durch die verschiedensten Polyester und die Di- bzw. Polyisocyanate herbeigeführt. Auf diese Weise erhält man z.B. aus 1,6-Hexandiisocyanat und 1,4-Butylenglykol einen kristallinen, schmelzbaren, bei etwa 187°C schmelzenden Kunststoff, der unter dem Namen Polyurethan U resp. als Faserstoff unter der Bezeichnung Perlon V verarbeitet wird.

Lederartige bis gummi-elastische Eigenschaften erhält man aus vernetzten Produkten: So ergeben Polyester aus Äthyl- oder Propylenglykol und Adipinsäure hochelastische Massen, Bernsteinsäureester lederartige, Phthalsäureester vollständig spröde, glasartige Verbindungen.

Kautschukähnliche Kunststoffe (Vulcollan) resultieren aus Gemischen von Glykol- und Propylenglykol-Adipinsäure-Estern und Desmodur 19.

Die als Ausgangsmaterial verwendeten Polyester bezeichnet man als Desmophene, die Polyisocyanate als Desmodure. Für Verlebungszwecke benutzt man eine Reihe von Komponenten, die sich aus Desmophenen und Desmoduren zusammensetzen und aus denen nach ihrer Vermischung hochpolymere Verbindungen entstehen. Die Desmophene sind mit Zahlen versehen, die eine fallende Charakteristik aufweisen. Diese Zahlen bedeuten abnehmende Elastizität der entsprechenden Filme, dadurch herbeigeführt, daß die Zahl der reaktionsfähigen OH-Gruppen entsprechend größer ist, wodurch Molekülvernetzung infolge kleinerer Maschen eintritt.

Abhängig von solchen den Desmophenen u.a. folgenden Typen gegenüber:

CONFIDENTIAL

25X1

- a) Das Resin 2 (ein Gemisch von 1-Methyl-2,6-Phenylendiisocyanat und 1-Methyl-2,4-Phenylendiisocyanat)
- b) Das Resin 3, in dem eine der beiden NCO-Gruppen durch eine polyfunktionelle Oxidverbindung gebunden und die andere für die Umsetzung der zweiten Komponente frei ist.

Diese hier als Beispiel aufgeführten Harzsysteme werden erst kurz vor Gebrauch vermischt, da bei ihnen schon unmittelbar nach dem Vermischen die Vernetzung beginnt. Je nach dem in Anwendung gebrachten Ausgangsmaterial erhält man verschiedene Produkte und kann so den Klebstoff dem Verwendungszweck anpassen; auch die Vernetzungsgeschwindigkeit kann gesteuert werden. Die aromatischen Resin haltenden Polyisocyanate wirken schneller vernetzend als die aliphatischen Verbindungen. Die Reaktion kann so heftig sein, daß sie bereits unter Wärmeabgabe bei Raumtemperatur verläuft und sich durch Zugabe von Lösungsmitteln abbremsen läßt. Es ist besonders bei Mischungen darauf zu achten, daß keine Verbindungen zugesetzt werden, die reaktionsfähige H-Atome enthalten, da infolge der hohen Reaktionsfähigkeit der Isocyanat-Gruppen mit den NCO-Gruppen reagieren und den Vernetzungsvorgang stören. Alkohol und Alkohol enthaltende Lösungsmittel und Feuchtigkeit sind bei der Herstellung von Klebern unbedingt zu vermeiden bzw. abzuwaschen. Klebstoffe auf Polyurethanbasis zeichnen sich durch ausgezeichnete Haftfestigkeit auch an glatten Oberflächen aus und sind daher zum Verkleben von Metallen und Glas geeignet. Was den Charakter des Klebstoffes angeht, ist dieser auf das glückliche Zusammenspiel der Eigenschaften der Diisocyanate zurückzuführen.

Auf der einen Seite reagieren ein Teil der Diisocyanatgruppen mit dem stets vorhandenen Wasserfilm, der sich auf Grenzflächen befindet, mit den Oxidhydratschichten auf Metalloberflächen oder polymerisieren an den Glaswänden. Prinzipiell kommt dadurch eine innige Berührung, wenn nicht sogar eine chemische Verbindung mit den ebenen Grenzflächen zustande. Auf der anderen Seite sind die Polyisocyanate in den meisten organischen Stoffen gut löslich, wodurch sie die Möglichkeit haben, mit reaktionsfähigen Wasserstoffatomen oder mit Spuren Feuchtigkeit zu reagieren. Eine große Rolle wird auch in einigen Fällen die leichte Polymerisierbarkeit der Diisocyanatgruppen durch Übersalze, Alkalien, Pyridin, Licht- und Sauerstoff spielen. Weiterhin können die Diisocyanate auf Grund ihrer kleinen

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

25X1

Molekel den Vorteil für sich in Anspruch nehmen, schnell in organische Stoffe hineinzuwandern bzw. in poröses Material leicht einzusickern. Alle Reaktionen verlaufen auf jeden Fall unter erheblicher Molekülvergrößerung; neben diesen Verankerungen an den Grenzschichten sind auch die hohe Festigkeit und Elastizität des erzeugten Zwischenfilmes von ausschlaggebender Bedeutung für den Klebe-Effekt.

Die Verklebungen zeichnen sich durch sehr gute Lösungsmittel- und Wasserbeständigkeit aus und zeigen in den meisten Fällen gute Wärmefestigkeit. Wenn eine Erhöhung der Viskosität bei starken Einwirkungen erforderlich ist, kann durch Zugabe von wasserfreien Füllstoffen bis zu 20 % eine Verdickung des Klebers herbeigeführt werden, wodurch bisweilen eine Erhöhung der Haftfestigkeit eintreten kann. Die Gebräuchzeit des Klebers ist jedoch im Vergleich zu anderen Klebstoffen sehr gering; sie beträgt max. bis zu 10 Std. Mit den besonders für die Metallverklebung entwickelten Polyurethan-Klebern erreicht man bei vorgereinigten und abgestrahlten Eisenblechen Schubwerte von 3-5 kp pro mm<sup>2</sup>, bei Leichtmetall von 1-2 kp mm<sup>2</sup>. Die Härtungsdauer liegt bei 12-18 Std. und kann durch Erhöhung der Temperatur auf 1-3 Std. reduziert werden. Letztere bedingt gleichzeitig eine Verbesserung der Haftfestigkeit und Wärmebeständigkeit, die dadurch zustande kommt, daß die bei normaler Temperatur nur bis zu 80 % stattfindende Polyaddition bei erhöhter Temperatur auf 100% ansteigt. Innes großen Haftvermögens wegen kann man die Polyurethan-Klebstoffe in die Reihe der Metallkleber, wie Araldit, Radur usw. einordnen. Selbstverständlich ist, wie bei allen Metallverklebungen darauf zu achten, daß die zu verklebenden Flächen gründlich von Schmutz, Fett und Öl gereinigt werden (Trichloräthyldampfbad, mechanische Reinigung, Pickling-Process usw.).

CONFIDENTIAL